MARTE
O PLANÊTA DO MISTÉRIO

JEAN NICOLINI



Visão do Universo

MARTE,
O PLANÊTA DO MISTÉRIO

JEAN NICOLINI

Êste é um livro que revela Marte a todos os leitores, sejam especialistas ou leigos. Fruto de muitos anos de pesquisas próprias, ou colhidas de outros estudiosos, a obra de JEAN NICOLINI demonstra extraordinário conhecimento do planêta que mais tem apaixonado os cientistas e mesmo os ficcionistas.

Devotado aos temas astronômicos, Jean Nicolini logo passou a concentrar-se no exame das coisas marcianas e, assim, acumulou, no decorrer de cêrca de vinte anos, considerável cópia de informações, teorias e conceitos a que não faltam a contribuição própria, pessoal do autor, reconhecidamente uma autoridade na matéria.

Admirado no Brasil e no estrangeiro, Jean Nicolini é personalidade científica que honra a cultura nacional e já deu ao nosso país lugar de realce nos estudos marcianos. Assim é que muitas de suas observações, realizadas entre nós, foram tomadas em conta por ocasião da confecção do mapa de Marte levantado pela União Astronômica Internacional.

Livro que preenche sobejamente os objetivos da série *Visão do Universo* — clareza, concisão e informação correta —, *MARTE — O PLANÊTA DO MISTÉRIO* pode ser lido com total agrado pela generalidade dos leitores. Além do fascínio decorrente do próprio assunto, possui o do estilo em que foi realizado. De sua leitura, realmente proveitosa, colhe quem o perlustra uma idéia genérica do estado atual em que se encontram as pesquisas sôbre Marte.

Desenhos, fotos, mapas e demais documentos iconográficos não só enriquecem o volume como também tornam mais fecundas as lições que com tanta amenidade Jean Nicolini a todos fornece. Lições que valem pela verdade científica e pelo fato de representarem informações fundamentadas em pesquisas modernas, nas melhores conquistas do conhecimento especializado.

☆

UMA EDIÇÃO

EDART

MARTE
O PLANÊTA DO MISTÉRIO

COLEÇÃO

Visão do Universo

3

1. *Lua — Degrau para o infinito!*, RUBENS DE AZEVEDO.
2. *A Terra antes do Homem*, RAFAEL SÂNGIO AZEVEDO.
3. *Marte, o planêta do Mistério*, JEAN NICOLINI.

JEAN NICOLINI
(OBSERVATÓRIO DO CAPRICÓRNIO)

MARTE
O PLANÊTA DO MISTÉRIO
(A B C DA AREOGRAFIA)

EDART

CAPA DE

DANILO MARCHESE

UMA EDIÇÃO DA

EDART

LIVRARIA — EDITÔRA

Rua Conde de Sarzedas, 38
SÃO PAULO - BRASIL

EM

1962

ÍNDICE

NOTA EXPLICATIVA

Êste é um livro apaixonante escrito por um apaixonado de Marte.

Conheço Jean Nicolini há muitos anos. Seu grande objetivo na astronomia foi sempre o planeta Marte, o planeta que apaixonou Lowell e Tikhov, que sacudiu o mundo com as novelas fantásticas de H. G. Wells, que se tornou controvérsia em tôdas as rodas com os "canais" de Schiapparelli.

Conheço Jean Nicolini, desde os tempos em que estava se introduzindo na observação astronômica, com um telescópio rudimentar feito pelas próprias mãos. Fomos colegas, no "Observatório do Capricórnio" e juntos fizemos numerosas observações do "planeta vermelho". Trata-se de um observador altamente qualificado para a missão que se propôs, qual seja o de estudar Marte em tôda a sua complexidade. Portanto, êste livro não é fruto de uma cultura teórica, haurida em livros de outros observadores. É um livro escrito, acima de tudo, por um observador prático das coisas marcianas. É uma acumulação de pesquisas próprias, alinhadas com outras de observadores diversos.

As qualidades de observador do planeta Marte de Jean Nicolini já foram ressaltadas por outros pesquisadores estrangeiros, dentre êles, o falecido Fournier, membro da seção marciana da Sociedade Astronômica de França, e o notável pesquisador Dollfus, da mesma so-

ciedade e do Pic-du-Midi. Não é preciso ir muito longe: é suficiente dizer que muitas das observações feitas por Nicolini, no Brasil, foram levadas em consideração por ocasião da confecção do mapa de Marte levantado pela União Astronômica Internacional. Esta é a personalidade científica de Jean Nicolini.

Falemos, agora, de seu livro. É uma obra que contém tudo aquilo que um leitor — especialista ou não — deve saber sôbre o planeta Marte. Êle resume todos êstes conhecimentos, modernos e antigos, sôbre o nosso vizinho exterior com grande maestria. É uma obra completa, a primeira escrita no Brasil sôbre o assunto, que compendia êste conhecimento básico. É, pode-se dizer, o prêmio de quase vinte anos de pesquisas.

É um livro que vem enriquecer a literatura científica brasileira, honrando as tradições astronômicas daqueles poucos escolhidos que, por vocação, se dedicam à ciência de Urânia.

R. ARGENTIÈRE

NOTA DO AUTOR

Objeto do presente estudo, constitui o planêta Marte um dos mais enigmáticos corpos que gravitam ao redor do Sol. Tal condição, somada ao interêsse que o mesmo sempre despertou entre o grande público, induziu-nos a reunir tópicos e notas esparsas, habitualmente utilizados em várias conferências que proferimos, tanto na capital como no interior.

Visando a atender o interêsse popular por tudo aquilo que diz respeito ao planêta Marte, reunimos neste pequeno volume os temas mais importantes relativos ao seu estudo. Não está êle, note-se, completo. Trata-se, antes de mais nada, de uma exposição em que evitamos aprofundar desnecessàriamente a matéria que é muito complexa. Fizemo-lo, contudo, de molde a dar ao leitor uma idéia bastante genérica do estado atual em que se encontram as pesquisas sôbre o planêta.

O presente volume, como seu subtítulo indica, não passa de simples introdução ao estudo do planêta vermelho. Com êle o leitor terá contato com êsse mundo, com a sucessão do dia e da noite, com os climas, em suma: com os aspectos mais generalizados que ali existem; tal contato será, porém, e de certo modo, superficial. A carência de dados acêrca dêsses mil e um aspectos, far-se-á sentir de imediato. Destarte, à descrição do planêta, e à história das observações feitas e das conclusões expressas, ou seja, à súmula do conhecimento geopolítico de

Marte, caberia adir um suplemento, que, enfim, seria necessário, indispensável mesmo. Êsse Suplemento, *natural complemento a êste volume, está sendo elaborado, de maneira a dar a êste estudo de Marte uma visão mais completa. Mais especializado, o* Suplemento *proporcionará ao leitor um conhecimento mais profundo acêrca dêsse misterioso mundo.*

Todavia, não obstante ser redigida de modo genérico, a presente obra é suscetível de satisfazer o interêsse particular do leitor por um assunto tão atraente.

Somos particularmente gratos às seguintes pessoas que tornaram possível sua publicação:

Ao Prof. Rômulo Argentière, pela constante e antiga sugestão de publicar-se um livro como êste;

Ao Prof. Flávio A. Pereira, do "IBACE", por incentivar-nos a materializar seu projeto;

Ao Prof. Rubens de Azevedo, F.I.L.S., membro do "Capricórnio", pelos seus desenhos e orientação na composição desta obra;

A F. Jeovah, pelas reproduções fotográficas incluídas no texto.

A todos êsses colaboradores nossos agradecimentos sinceros.

J.N.

CAPÍTULO I
O ABC DA AREOGRAFIA

PRIMEIRA PARTE

GENERALIDADES — SITUAÇÃO ASTRONÔMICA DE MARTE.

O planêta Marte tem sido, entre os membros da família solar, o que mais tem atraído a atenção do público, não só no nosso tempo, como na mais remota antigüidade. Se fizermos um retrospecto, embora ligeiro e incompleto da história dêsse planêta, constataremos de imediato o interêsse que despertava entre as mais diversas civilizações que nos antecederam. Veremos, também, que as denominações que o identificaram foram de molde a materializar ainda melhor o seu tradicional aspecto. De fato, tal observação nunca escapou a ninguém, e muito menos ao leitor que desde cedo desejou inteirar-se da natureza dos astros que povoam o espaço. Marte é sensìvelmente vermelho, muito embora sua tonalidade se veja muito diminuída quando observado ao telescópio. Êsse planêta possui um matiz antes alaranjado, bastante pronunciado.

Nomes antigos, símbolo, colorido e brilho de Marte — Foi a tonalidade avermelhada que deu a Marte a importância que a antigüidade lhe atribuiu e o presente

confirma. No Egito antigo era êle conhecido por *Harmakhis,* e também por *Har Decher,* ou seja o Hórus Vermelho. Os caldeus o chamavam de *Nergal,* ou seja o Marte babilônio, o grande herói, o rei das pelejas, o mestre das batalhas e o campeão dos deuses. Ainda nas margens do Eufrates era êle conhecido por *Allamu* e *Almu.* Os gregos o conheciam por *Ares,* ou *Marte,* ou seja o "deus da guerra". Tal denominação é que serviu de base a tôda e qualquer relação com seu estudo. Os designativos de "impetuoso", "ígneo", tiveram cedo aplicação a Marte, aos quais pode-se acrescentar o de "fogo celeste" e o símbolo do ferro que o mesmo representava. Aliás, o símbolo de Marte retrata muito bem a influência atribuída a êsse planêta. De longa data ♂ representa o escudo e a lança, atributos particulares do deus da guerra. Mais tarde, com os árabes, persas e turcos, a denominação de *Mirikh,* que significa "tocha", "ferro", "aço", "flecha lançada à distância", lhe é atribuída. Na Pérsia era ainda conhecido por *Bahram,* por *Pahlavani Siphir* ou o "guerreiro celeste". Na Índia, conheciam-no por *Angaraka* (*angara* = carvão ardente), e o denominavam ainda de *Lohitanga,* o "corpo vermelho". Quanto à astrologia, esta pseudociência sempre o considerou de influência maligna.

Foi porém, como já vimos, de sua denominação grega *ares,* e da palavra *graphen,* também grega, que significa "escrever", que se formou, no século passado, a palavra "areografia" ou seja a descrição de Marte (como geografia (*geos* = terra) é a descrição da terra), e "areógrafo", o que correspondente a "geógrafo" do planêta em referência.

Quanto à tonalidade de colorido, constatamos em inúmeros escritos antigos, sobretudo nos trabalhos de

Platão, a descrição que atribuía a Marte uma tonalidade "vermelha" ou "muito vermelha". Os gregos e os romanos logo atribuíram as propriedades da guerra à tonalidade de Marte, não deixando de mencioná-lo tôda vez que uma estrêla amarela, vermelha ou alaranjada via-se comentada.

No que respeita ao brilho, Marte se revela normalmente como uma estrêla de primeira grandeza. Ocasiões há, mais conjunções, em que êsse brilho cai para a 2.ª magnitude. Na média, sua grandeza estelar é da ordem de —1,85 (oposição média) e de +1,6 (conjunção média). Nas oposições por assim dizer desfavoráveis, seu brilho chega a ser de —1,1, ou seja inferior ao de *Sirius;* contudo, o que é digno de nota, alcança —2,8 nas oposições periélicas. Nessas ocasiões chega a ultrapassar o brilho de Júpiter, o que muito provàvelmente não passou despercebido aos antigos (fig. 1).

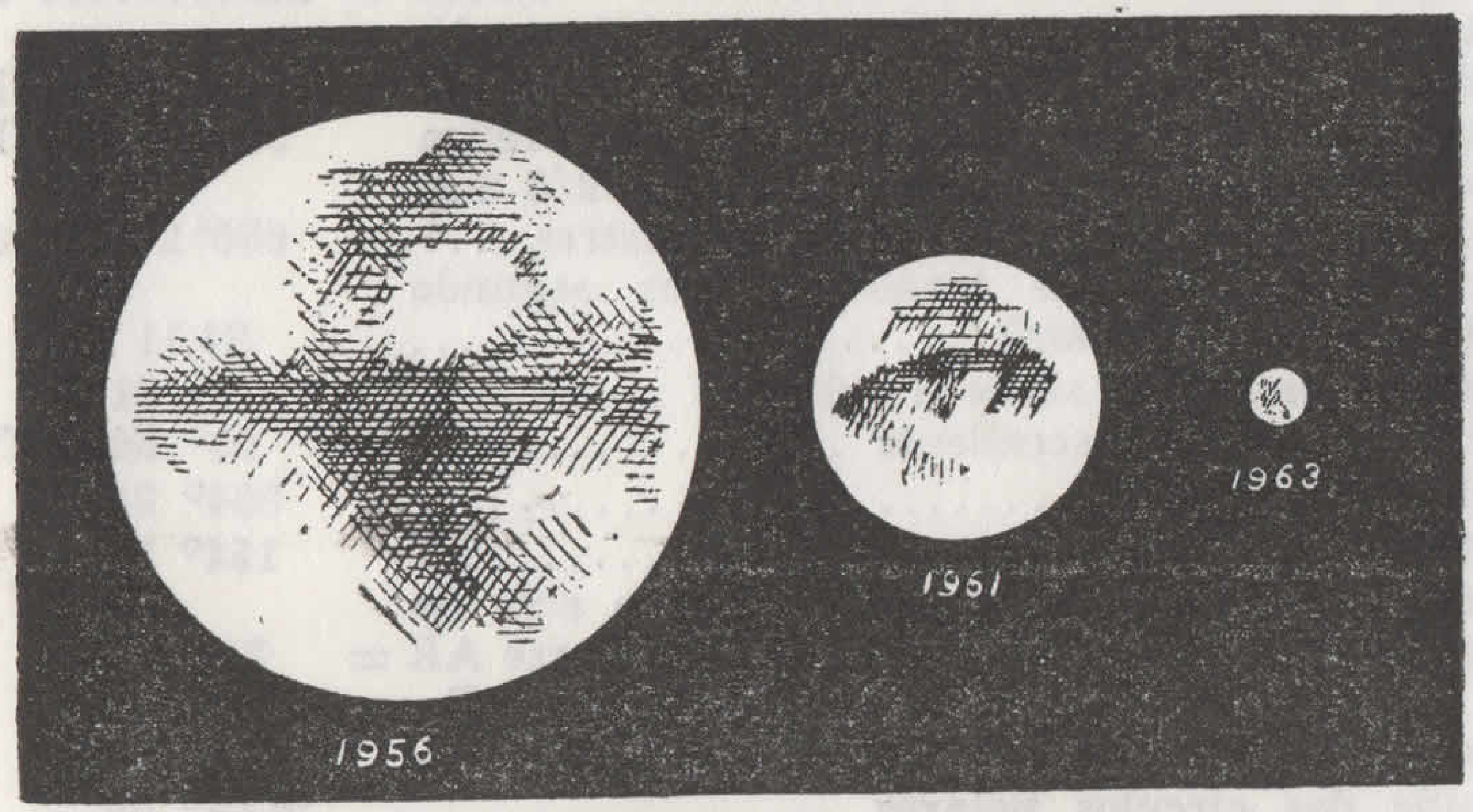


FIG. 1
Diâmetro aparente de Marte em oposições *periélicas* e *afélicas.* No centro, oposição intermediária.

Duas observações ainda dignas de nota. A primeira diz respeito a uma ocultação de Marte observada por Aristóteles, que constatou "a passagem dêsse planêta do lado escuro para o lado brilhante da Lua que se encontrava na ocasião em dicotomia (fase)". A segunda se relaciona com o dia da semana que tomou o seu nome de Marte. De fato, já 2.540 anos antes de nossa era, a nossa "terça-feira" recebia o nome de Marte, dizendo os latinos *Martis dies,* que com o tempo se fêz *mardi,* em francês, *martedi,* em italiano, *martes,* em espanhol, etc.

Elementos astronômicos e físicos de Marte — Por se tratar do mais importante corpo celeste, sob o ponto-de-vista planetário, passaremos a relatar de modo um pouco mais detalhado os elementos astronômicos e físicos dêsse mundo.

Distância média do Sol — (à Terra = 1)	1,52369 = 227.700.000 km
Excentricidade da órbita	0,09334
Distância periélica	1,3826 = 206.000.000 km
Distância afélica	1,6658 = 248.000.000 km
Distância da Terra quando de uma oposição periélica	56.000.000 km
Distância da Terra quando de uma oposição afélica	99.000.000 km
Período de revolução ao redor do Sol, 669 2/3 dias marcianos, ou 686,9797 dias terrestres	$686^d\ 23^h\ 30^m\ 41^s$
Velocidade (média) de translação por segundo (Terra = 29,76 km)	24,11 km
Inclinação da órbita sôbre a eclíptica	1º 51' 1"
Longitude do nodo ascendente	48º 56' 30"
Longitude do periélio	334º 35'
Longitude do afélio	154º 35'
Coordenadas da esfera celeste em que o eixo de rotação de Marte se apresenta do lado norte AR =	317º
D =	+ 53º
Inclinação do eixo de rotação	25º 10'
Latitude dos círculos polares	± 64º 50'
Longitude do solstício de verão austral (ou sol solstício de inverno boreal)	356º 48'
Longitude do solstício de inverno austral (ou solstício de verão boreal)	176º 48'

Longitude do equinócio de outono austral (ou do equinócio de primavera boreal)	86º 48'
Longitude do equinócio de primavera austral (ou do equinócio de outono boreal)	266º 48'
Duração da primavera austral, ou do outono boreal	146 dias
Duração do verão austral, ou do inverno boreal	160 dias
Duração do outono austral, ou da primavera boreal	199 dias
Duração do inverno austral, ou do verão boreal	182 dias
Intervalo médio entre duas oposições, 779 dias ou	2 anos 49 dias
Período de rotação (Cassini: 24^h 40^m aprox.) ...	24^h 37^m $22{,}6679^s$
Achatamento polar provável	— 1/190
Diâmetro — (9"30 à distância 1) — Terra = 1 (da Terra, o diâmetro angular varia de 3"6 a 25"1, e nas oposições, de 14"0 a 25"1) ...	0,528 ou 6.730 km
Superfície — (a Terra = 1)	0,278
Volume — (a Terra = 1)	0,142
Massa — (a Terra = 1)	0,106
Densidade — (a Terra = 1)	0,71
Densidade — (a água = 1)	3,93
Gravidade no equador — (Terra = 1).........	0,38 = 3^m 70
Diâmetro do Sol: 21' 2" — (a Terra = 1)	0,656
Luz e calor (em média) recebidos do Sol (na Terra = 1) e onde oscilam entre 0,52 (periélio) e 0,36 (afélio)	0,43
Valor de 1.º aerocêntrico à superficie de Marte	60 km

Nota importante — Marte, quando das oposições periélicas, estando mais próximo da Terra, oferece-nos de preferência o seu hemisfério austral. Por outra, nas oposições afélicas, o planêta, muito mais afastado, apresenta-nos o seu hemisfério boreal.

As fases de Marte — Marte é o único planêta exterior que apresenta, fora de suas oposições e conjunções com o Sol, o *aspecto de fase.* Êsse fenômeno foi pela primeira vez observado em 1610, algum tempo depois da aquisição da luneta, e num ano pródigo em descobertas astronômicas. Tal circunstância é particularmente indicada numa carta que Galileu dirigiu ao Pe. Castelli, e em que expondo sua observação do planêta, o grande astrônomo menciona "não estar muito certo, mas que êle

(Marte) não se apresentava perfeitamente redondo". Tais fases, é claro, nunca se apresentam como a Lua, Vênus ou Mercúrio quando em dicotomia; são sempre de forma gibosa. O total não iluminado do disco atinge 47° ou seja o sétimo do total. A teoria prevê que o restante iluminado do disco tenha um determinado diâmetro; contudo, na prática, êsse diâmetro oferece-se à observação mais estreito. Tal ocorrência, constatada pela primeira vez por Schroeter, é devida à grande obliqüidade dos raios solares que torna invisível o verdadeiro terminador (fig. 2). (*)

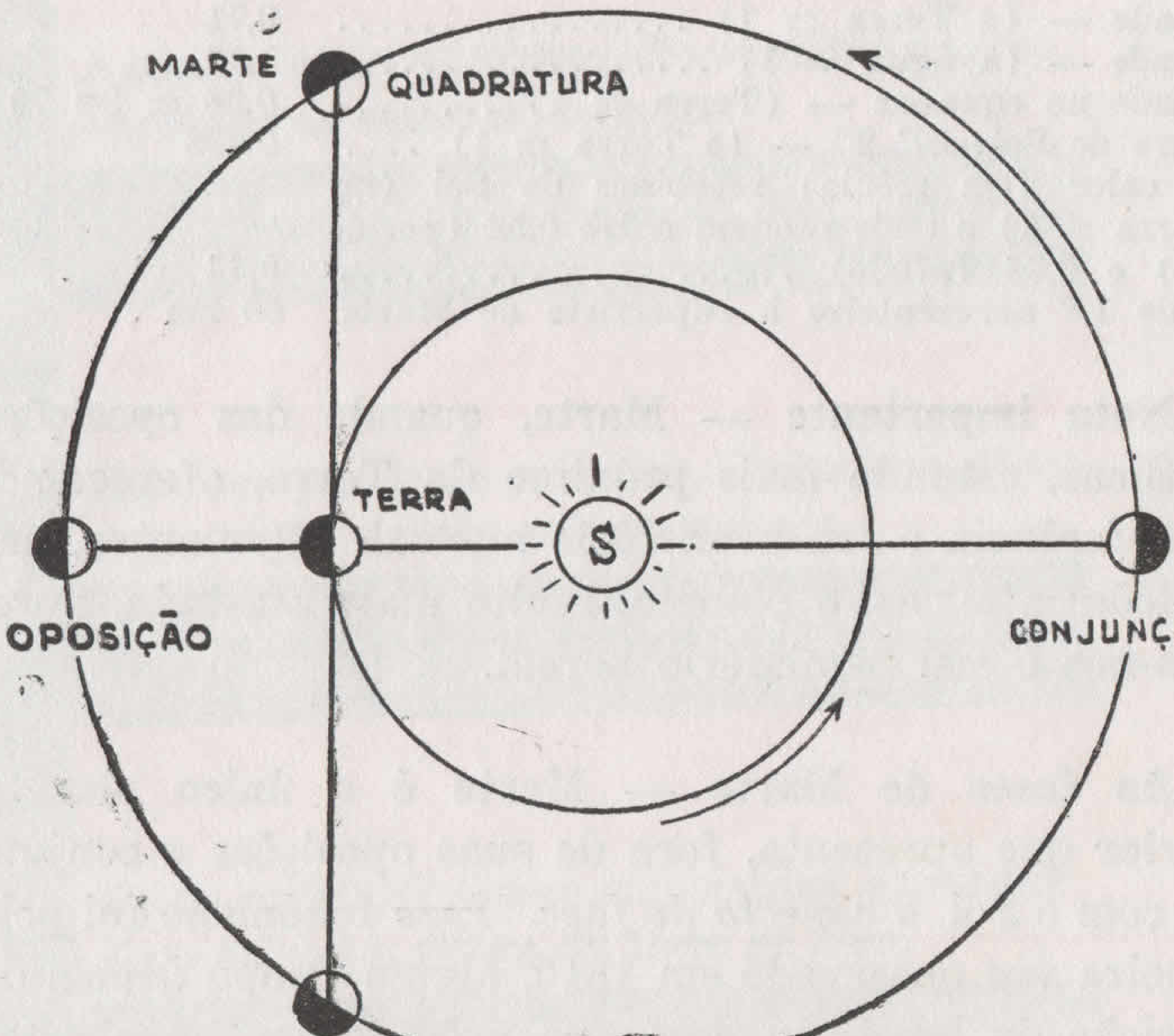


FIG. 2
Posições de Marte com relação à Terra.

(*) Terminador é a linha demarcatória entre a sombra e a luz na superfície de um astro.

O albedo do planêta — A questão do brilho de Marte já fôra objeto de estudo por parte de Schroeter, que assinalara que a variação da luz difundida pelo planêta se assemelha àquela da Lua. A êsse respeito, convém notar que Marte reflete cêrca da quinta parte da luz recebida do Sol. Deduz-se daí, em primeiro lugar, que sua superfície é provàvelmente composta de terrenos e rochas menos sombrios que os de Mercúrio e da Lua. Note-se, porém, que êle está longe de oferecer o brilho de Vênus ou ainda dos grandes planêtas, recobertos que são, êstes, como já vimos, de espessos véus de nuvens.

Curiosas comparações podem ser então levadas a efeito, acêrca dos brilhos dêsses planêtas. Pode-se dizer que Vênus oferece um brilho quase comparável àquele de nossos "cúmulos"; que os grandes planêtas, Júpiter, Saturno, Urano e Netuno apresentam, por seu índice luminoso difuso, uma semelhança com aquêle de nossas nuvens, vistas através de uma atmosfera absorvente como aquela que escurece o bordo do disco dêsses astros; que o sol de Marte apresenta um albedo análogo àquele de nossos arenitos avermelhados bem escuros, enquanto que as superfícies enrugadas de Mercúrio e da Lua têm um fraco brilho, que se assemelha àquele de nossos calcários, de nossas lavas e de nossas rochas basálticas.

Rudimentos de mecânica celeste — Não é nosso intuito retratar tôda a história do planêta, pois isso seria impossível. Contudo faremos o possível para realizar uma exposição mais ou menos generalizada a respeito das inúmeras facêtas que o estudo dêsse estranho mundo apresenta. Antes, porém, um sumário do comportamento dêsse astro, como planêta submetido à fôrça atrativa do

Sol, faz-se indispensável, a fim de permitir a compreensão do mecanismo que rege as fases favoráveis e desfavoráveis à sua observação. Aliás, estamos certos, isso é necessário. Dessa forma trataremos dêsse setor antes de estudar o planêta pròpriamente dito.

Depois da Terra, é Marte, como vimos, o primeiro planêta na ordem de distância do Sol. Circula êle a uma distância aproximada de 228.000.000 de quilômetros do astro central. Isso faz com que a distância média entre nosso globo e nosso vizinho seja da ordem de 78.000.000 de quilômetros, quando os dois astros se encontram do mesmo lado em relação ao Sol. Como já sabemos, tais algarismos servem apenas para dar uma idéia aproximada do que realmente ocorre, uma vez que as órbitas dos planêtas são elípticas, o que faz com que, em determinadas épocas, Marte e a Terra se encontrem relativamente próximos um do outro. Nas posições correspondentes às oposições periélicas, a distancia mínima entre os dois mundos é da ordem de 56.000.000 km. Nas condições opostas, ou seja nas conjunções o planêta pode distanciar-se da Terra cêrca de 378.000.000 km. (228 + 150 = 378). Nota-se então que Marte, com relação a nós, encontra-se do *outro lado* do Sol. A primeira condição ocorreu, para citar datas relativamente próximas, em 1909, 1924, 1939 e 1956. Ao leitor atento não terá, por certo, escapado a relação existente entre essas datas: 15 anos. De fato, mas por que êsse tempo determinado? Tentemos explicar o mecanismo que impede Marte de ser visível com a periodicidade que, a princípio, lhe poderia ser atribuída.

Devemos, note-se, sempre lembrar-nos que estamos na Terra, um astro que, a semelhança de outro qualquer,

está submetido às fôrças que governam os mundos, às leis que regem seus movimentos. Além do que, nosso observatário terrestre, por não estar fixo (nada se encontra fixo no universo) acarreta a mudança constante do aspecto que êsses astros apresentam no céu, isso sem contar com os movimentos próprios dêsses mesmos astros. Pois bem, a Terra faz uma volta ao redor do Sol em 1 ano ou 365 dias, aproximadamente. Marte caminha mais lentamente, o que está conforme à lei de Kepler que rege tais movimentos. Sua velocidade é de cerca de 24 km aproximadamente contra os 30 km (aproximadamente também) do nosso mundo. A sua órbita, por estar *fora* da órbita terrestre, requer mais tempo para ser percorrida; isso é feito em cêrca de dois anos, ou para sermos mais exatos, 687 dias terrestres. Dêsse modo, em cada dois anos deveria ocorrer uma oposição favorável à observação de Marte (fig. 2). Isso não ocorre, e, o que é digno de nota é que tais passagens estão longe de ser igualmente favoráveis à observação. Isso acontece pelo fato de existir sensível desigualdade entre as aproximações máximas possíveis para cada uma delas. Lembre-se o leitor de que as órbitas planetárias são elípticas e não circulares (e aqui é que reside a razão) e a de Marte é muito excêntrica: varia ela de 206.000.000 km no periélio para 248.000.000 km no afélio. Resulta daí que a aproximação máxima depende dos anos, de acôrdo com as regiões das órbitas da Terra e Marte em que se produzem as oposições. Como o perigeu (menor distância da Terra) também pode variar de uma centena de milhões de quilômetros nas oposições afélicas a umas seis dezenas de milhões de quilômetros nas oposições periélicas, vemos que a proximidade dos planêtas decorre de situações que não podem repetir-se em cada dois anos.

Nas ocasiões desfavoráveis, ou seja no primeiro caso, Marte apresenta-se com um disco que subtende 14" de arco, ao passo que no segundo é de 25". Convém notar que 25" de arco é o diâmetro aparente de uma bola de 10 cm de diâmetro observada a 820 metros de distância. A verdadeira causa da não-periodicidade não reside aí, mas sim no fato de que o período bianual das oposições ser ligeiramente *mais longo* que o ano marciano, (como sabemos, de 687 dias, contra os 779 em média do citado período). Dessa forma, vemos que as oposições sucessivas deslocam-se ao longo da órbita de Marte em cêrca de 15 anos terrestres. Assim, as oposições favoráveis produzem-se todos os quinze anos. Como já vimos, a de 1956 foi a última a ocorrer enquanto que a próxima "melhor" ocorrerá em 1971. Daí deduzir-se que, entre tais épocas, intercalam-se oposições de menor aproximação, onde a distância as torna menos favoráveis à observação. Como exemplo podemos citar as de 1901, 1916, 1933, etc.

As dificuldades da observação — Como poderá o leitor perceber desde logo, as circunstâncias acima mencionadas complicam ainda mais as pesquisas possíveis de serem realizadas com respeito a êsse planêta; mesmo sem elas, diga-se desde já, a observação do planêta é bastante difícil. Para avaliar tal estado de coisas basta pensar que, nas oposições mais favoráveis, Marte estando a ... 56.000.000 de quilômetros de distância, ainda se encontra 150 vêzes mais distante que a Lua (384.000 km em média). Os aumentos habitualmente utilizáveis são próximos da casa dos 300, raramente ultrapassando os 600. Esclareça-se que, nas melhores condições de visibilidade e com auxílio de grandes instrumentos, Marte não é visto melhor do que a Lua num simples binóculo. Podemos

mesmo dizer que, sob certos pontos-de-vista, o observador dêsse planêta pode ser comparado a um observador que estuda a Lua a ôlho nu.

Em outras palavras, poder-se-ia pensar que, com a aplicação de métodos físicos e instrumentais modernos, as dificuldades seriam removíveis. Em verdade o problema é muito mais complexo. Dois fatôres, de extrema importância, concorrem para dificultar a observação de Marte: 1) a transparência, a radiação calorífica, o grau de umidade e o estado geral da atmosfera terrestre; 2) o ôlho do observador, que tem grande importância na observação de Marte.

Foi Cerulli quem, pela primeira vez, demonstrou a complicada interligação entre o instrumental, a atmosfera terrestre e o ôlho humano. Através dessa teoria ótica, provou que certas minúcias observadas em Marte são resultantes da grande instabilidade dos conjuntos da unidade física, instabilidade esta causada pelo diferença de profundidade visível por parte do observador, do grau de iluminação dos pormenores e também dos acontecimentos meteorológicos terrestres. A verdade é que o conhecimento de Marte constitui o resultado de uma soma de esforços dispendidos através dos tempos e nenhum investigador pode ter a pretensão de, sòzinho, resolver todos os problemas que seu estudo apresenta.

Os satélites de Marte — Contràriamente — o que poderá surpreender o leitor — ao sistema habitualmente empregado, estudaremos os satélites que êsse planêta possui, antes de iniciarmos o do planêta pròpriamente dito. Isso resulta do fato de serem tais satélites de importância secundária e não oferecerem à observação senão um interêsse muito reduzido. São êles em número

de dois, minúsculos, não ultrapassando uma dezena de quilômetros de diâmetro, circulando ràpidamente ao redor do planêta. O primeiro dêles, *Fobos,* perfaz sua órbita em 7 horas e 39 minutos, enquanto que o segundo, *Deimos,* a completa em 30 horas e 18 minutos. As proporções dêsses dois corpos celestes são de ordem a oferecer ao hipotético observador marciano apenas um "luar" muito reduzido ou mesmo imperceptível. O mais próximo dêles, *Fobos,* apresenta curiosa particularidade.

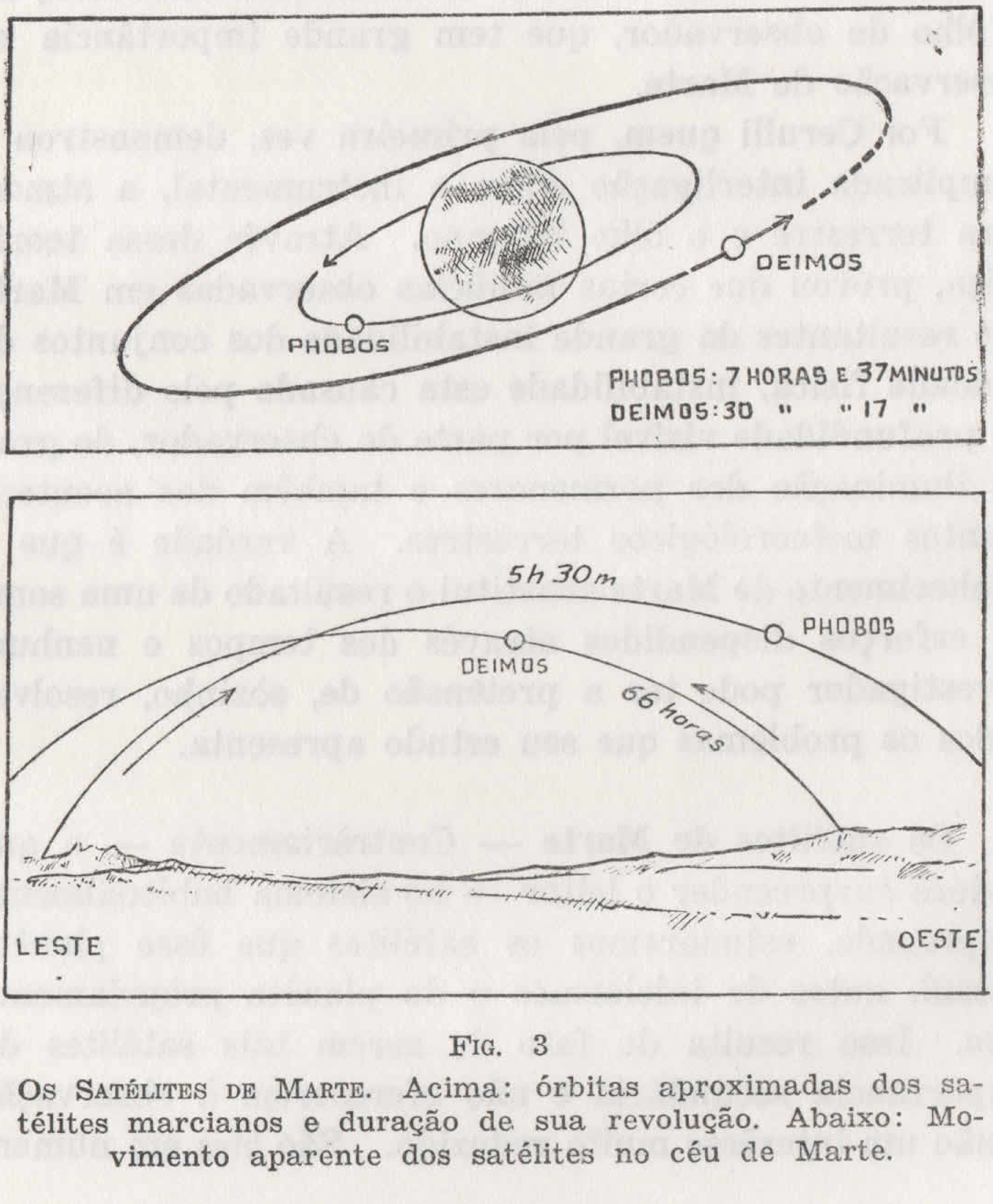


FIG. 3

OS SATÉLITES DE MARTE. Acima: órbitas aproximadas dos satélites marcianos e duração de sua revolução. Abaixo: Movimento aparente dos satélites no céu de Marte.

Como gira num período de tempo inferior ao dia marciano, apresenta a característica, única entre os satélites, de nascer a oeste e deitar-se a leste, passando em menos de 4 horas do crescente ao quarto e dêste ao disco cheio ou "lua cheia".

Recentemente, reviveu-se a hipótese de que tais satélites não passariam de "satélites artificiais" lançados por gerações extremamente antigas que teriam vivido na face do planêta vermelho. Muito embora tal hipótese se afigure deliciosamente atraente, é claro que nada podemos dizer a êsse respeito. Até segunda ordem, *Fobos* e *Deimos* podem ser considerados como pequenos corpos, naturais, e submetidos à ação gravitatória de um mundo que lhes é muito superior, tanto em massa como em proporção. (fig. 3).

SEGUNDA PARTE

"HISTÓRIA DA HISTÓRIA" DAS OBSERVAÇÕES AEROGRÁFICAS — AS ANTIGAS OBSERVAÇÕES E A CARTOGRAFIA DO PLANÊTA MARTE — OS ASPÉCTOS QUE ÊSSE MUNDO OFERECE.

A partir do primeiro momento em que foi observado telescòpicamente, Marte constituiu-se num ponto de convergência de um sem-número de observações, pesquisas, discussões, e mesmo divagações, a ponto de, no que respeita a estas últimas, ocasionar um verdadeiro caudal publicitário, desprovido do mais tênue valor científico. É o planêta que provocou a eclosão do maior número de trabalhos quiçá feitos sôbre um corpo celeste, e ao qual vários astrônomos dedicaram o melhor de sua existência. Tão grande foi a atração que Marte exerceu sôbre certos espíritos, que observatórios foram erigidos ùnicamente para que seu estudo pudesse ser levado avante. Como dissemos no início dêste capítulo, isso tem plenamente sua razão de ser, pois Marte é o único entre todos os membros do sistema solar que apresenta condições ou pelo menos aspectos que se assemelham àqueles existentes na Terra. Assim, se chamamos a Vênus de "irmã gêmea", poderemos, de agora em diante, considerar Marte como sendo o "irmão menor" do mundo em que vivemos.

Capítulo à parte na história do céu, a *Areografia* (de *Ares* — Marte) teve nos areógrafos os seus servidores e nos areófilos os seus fiéis. Note-se, porém, que êstes últimos existem em muito maior número do que aquêles. Inúmeras vêzes deram êles vazão a pontos-de-vista mais literários do que científicos, pròpriamente ditos, o que teve o condão, infelizmente, de desacreditar os conhecimentos científicos por excelência, adquiridos através de longos anos. A ação, por assim dizer, nefasta de "intermediários" foi freqüentemente de ordem a lançar entre o grande público um sem-número de idéias, geralmente refletindo pontos-de-vista exclusivamente particulares, e que, não raro, também apregoavam como sendo o retrato fiel das conquistas científicas. Muito embora reconheçamos nesses divulgadores o mérito de terem tornado popular o interêsse — que de fato tem sua razão de ser — pelo estudo dêsse mundo, não podemos contudo deixar de reconhecer grande parcela de responsabilidade pelo conceito em que, de um modo geral, é tido Marte entre o grande público.

Um dos testemunhos diz respeito à famosa questão dos "canais". A má interpretação de uma denominação dada por eminente areógrafo a certos pormenores da superfície de Marte fêz com que, de pronto, se associasse a questão à existência de civilização avançada na superfície de um mundo que, muito embora bastante conhecido, inúmeras vêzes observado, ainda estava longe de oferecer ao homem as verdadeiras particularidades de sua natureza íntima. E, por aí afora não custou nada ultrapassar os limites da ética científica. Essa decantada e famosa questão dos "canais", para a qual errôneamente convergia a atenção de todos os estudiosos dos planêtas, foi responsável pelo descrédito em que êsse

ramo da astronomia caiu. Êsse desprestígio, diga-se logo, não tem razão de ser, não se justifica. Nestes últimos 35 anos, os novos métodos utilizados pela ciência — métodos êsses a cada passo aperfeiçoados — fazem do problema marciano um campo de pesquisas digno dos mais nobres esforços. Pode-se dizer mesmo que a astronomia planetária está envidando o melhor de suas possibilidades no intuito de resolver o enigma de um mundo que apresenta características, (sejam elas reais ou aparentes) muito semelhantes às da Terra. Não demorará muito o tempo em que o homem, graças aos seus foguetes cósmicos, passe a estudar êsse mundo mais de perto. Nossas suposições ver-se-ão confirmadas ou postas por terra. Embora não distante essa época, é evidente que a mesma só pode ser encarada com a devida prudência. Enquanto isso teremos que nos contentar com os resultados obtidos não só pelos meios clássicos de observação como também por aquêles proporcionados pelos métodos da astrofísica. Faremos o possível para ter isso em conta, ao estudarmos êsse mundo. Como já dissemos, porém, descrevamos antes a evolução dêsse estudo pelo menos em suas linhas mestras.

A Antigüidade, pondo-se de lado as especulações astrológicas, não conheceu Marte. Êsse astro é apenas conhecido como membro do sistema por sua posição e movimentos através do céu. Poderíamos dividir os "anais areográficos" em três períodos já considerados clássicos: o primeiro principia em 1636 e vai até 1830; o segundo, de 1830 a 1877; e o terceiro, de 1877 a 1922. Por outra, somos da opinião que um quarto período, baseado na introdução dos meios modernos da pesquisa científica, deve ser acrescido a êsses três. É absolutamente impossível deixar de mencionar o que fizeram a radiome-

tria, a polarimetria, a termometria etc., etc., desde a oposição 1922-24. Daí para cá os progressos têm sido notáveis e, sem dúvida, continuarão de ordem à permitir os mais imprevistos resultados.

O primeiro período — (1636-1830) — Inicia-se essa fase com a primeira visão telescópica do planêta obtida pelos astronômos. Não devemos, porém, esquecer que Galileu, o imortal astrônomo de Florença, já efetuara observações de Marte em 1610. Pelo fato de não dispor de aumentos suficientes em sua luneta (que lhe proporcionava 4,7,10 e 30 vêzes) nada pôde observar de sua superfície, a não ser o fato de Marte possuir fases. O primeiro desenho de Marte reconhecido como tal foi executado por Fontana, em Nápoles, em 1636. É com êsse astrônomo que são iniciadas, de maneira racional, as observações areográficas que pràticamente não mais seriam interrompidas. Vieram depois: Riccioli (1640-44); Hirzgarter (1643); Schyerle de Rheita (1645); Hevelius (1645); Huyghens (1656-1659); novamente Riccioli (1651-1657); o grande Cassini, que realizou importantes trabalhos (1666); Salvatore Serra (1666) e Hooke (também em 1666). Cêrca de seis anos depois, em 1672, Huyghens voltou a observar o planêta. Nesse mesmo ano foi a vez do célebre Flamsteed, o primeiro Astrônomo Real da Inglaterra. Em 1683, Huyghens completou a sua terceira fase de observações. Em 1686, Fontenelle citou Marte no seu curioso livro *Entretiens sur la Pluralité des Mondes,* editado nesse ano em Paris. Esta série de observações prosseguiu no século XVIII, em 1704, com Maraldi, sobrinho do grande Cassini. Com Maraldi, iniciou-se a longa série de tentativas para avaliar o período de rotação de Marte pela observação das

manchas visíveis na superfície. Em 1719, o mesmo Maraldi aproveitou a situação favorável do planêta para tornar a observá-lo. Nesse mesmo ano, Bianchini, astrônomo de Verona, fêz uma série de desenhos do planêta vermelho. Em 1740, Cassini II, filho e sucessor do grande Cassini, do observatório de Paris, deixando de interessar-se pelo estudo de Marte, voltou tôda sua atenção para Vênus. Êsse observador, errôneamente, admitiu que Vênus seria mais bem conhecido do que Marte. Sabemos hoje que é justamente o contrário que ocorre. Teve o mérito de reunir os trabalhos de seu pai, assim como os de Maraldi, nas publicações do citado observatório. Entra em cena Messier, o grande descobridor de cometas e nebulosas, compilador do primeiro catálogo dessas longínquas formações e que até hoje leva o seu nome. Observou Marte em dois períodos, ou seja em 1764 e 1766. Em 1771, Lalande, na sua grandiosa obra, *L'Astronomie*, tomo III, mencionou as observações de seus predecessores, notadamente as de Cassini I, que, pelas manchas, determinou um período de rotação próximo de 24 horas e 40 minutos. Mais tarde, durante os anos de 1777, 1779, 1781 e 1783, Herschel, um dos mais ilustres astrônomos de todos os tempos, descobridor de Urano, compilou numerosas memórias sôbre Marte. Essas memórias são longuíssimas, versando sôbre inúmeras faces do problema, tais como rotação, manchas e suas aparências, modificação das calotas polares etc. É, por assim dizer, uma das fases mais valiosas do primeiro período. Em 1783, Messier voltou novamente à cena, desta feita para realmente observar o planêta, notando a curiosa conformação de uma das calotas polares. Em 1785, Bailly, ilustre historiador e cuja cabeça iria rolar no patíbulo oito anos mais

tarde, juntamente com a de Lavoisier, resumiu os conhecimentos de então, isso em França, sôbre o planêta Marte. Inexplicàvelmente, ignorou êle os trabalhos de Herschel. Nesse resumo, descreveu as particularidades, observadas ou interpretadas, do planêta, entre elas "que o disco por vêzes não é circular" (fases), "que tem manchas brancas nos polos" (calotas polares) e outras mais.

O mais eminente e apaixonado observador do planêta Marte, no período que ora descrevemos, foi Schroeter, que, no seu observatório de Lilienthal, efetuou longa série de observações que se estenderam por 18 anos (1785-1803). Foi num volume de 447 páginas, enriquecido com 230 desenhos, e sòmente publicado em 1881, que êsse laborioso astrônomo, continuador dos trabalhos de Herschel, expôs o resultado de suas observações. Nesse volume, Schroeter já revelava sua preocupação pelas "manchas escuras" do planêta e algumas relações entre sua rotação, que concluiu ser, em média, de 24 horas, 39 minutos e 50 segundos; estudou as "nuvens" de sua atmosfera e a questão das calotas polares, dissertando, depois, sôbre a forma esferoidal, deformações aparentes e acidentais de Marte, a direção do seu eixo, particularidades inerentes ao movimento e posição de Marte na eclíptica e o diâmetro aparente dêsse planêta.

Durante os anos de 1796, 1798, 1800, 1802, 1805, 1807, 1809 e 1813, poucos observadores aproveitaram as condições, por vêzes magníficas, do planêta. Isso, muito provàvelmente, ocorreu devido às campanhas napoleônicas. É evidente, porém, que alguns não perderam tempo. Entre êles, Flaugergues, que não perdeu as oposições de 1796, 1798, 1800, 1802, 1805, 1807 e, para finalizar, a de 1809, tendo-as observado sempre com o mesmo instrumento. Nessas observações, salvo no que

respeita a algumas manchas, o referido observador nada de nôvo concluiu sôbre o planêta. Tal carência de resultados pode ser atribuída às más condições atmosféricas de Marte.

Em 1805, Huth observou o planêta, tecendo comentários sôbre as prováveis semelhanças existentes entre Marte e a Terra. Em 1813, 1814, 1822, 1839 e 1847, Gruithuisen observou-o, tendo notado a diferença de diâmetro existente nas oposições favoráveis e nas desfavoráveis. Mais ou menos a essa altura, Arago, do observatório de Paris, e autor da primeira *Astronomia Popular*, estudou o achatamento polar de Marte, assim como as particularidades de certas manchas, o que fêz através de um refrator de 108 mm, doado por Napoleão, e que era, segundo consta, "o melhor instrumento do observatório". Com Kunowsky (1821-1822), e sobretudo, com Harding o descobridor de Juno encerrou-se o primeiro período das observações areográficas. Êsse último autor comparou (1824) os trabalhos de seus antecessores, notadamente Huyghens, Cassini, Hooke, Maraldi, Herschel, Schroeter, etc.

Conclusões do primeiro período — Não obstante resultados aparentemente contraditórios, já se pôde, após êsse período, estabelecer os primeiros elementos da natureza do mundo marciano. Assim, os dados seguintes podem ser considerados como verificados: 1.º) a revolução do Marte foi fixada há séculos. Desde Copérnico sabemos que essa revolução se efetua ao redor do Sol em 687 dias, ou seja um ano terrestre mais 322 dias. O ano marciano é, pois, quase duas vêzes mais longo que o nosso. 2.º) A distância de Marte ao Sol está para a da Terra como 1,5237 está para 1,0000. A luz, o ca-

lor e as radiações que êle recebe do astro central são, por conseguinte, mais fracas que as recebidas por nós e isso na relação do quadrado dêsses dois números, isto é, de 2,32 para 100. 3.º) O diâmetro, a massa, a densidade, o índice de gravidade na superfície e o período de rotação, já eram conhecidos com bastante precisão em 1830. 4.º) Há na superfície de Marte manchas mais ou menos escuras, de difícil observação. Foram observadas variações das mesmas. 5.º) Há também manchas brancas que marcam os pólos e que variam com as estações, aumentando no inverno, diminuindo no verão, sofrendo, sem dúvida, os efeitos dos raios solares. 6.º) Essas manchas brancas ocupam lugares excêntricos em relação aos pólos, o que ocorre, aliás, também na Terra. 7.º) O eixo de rotação de Marte não difere muito do terrestre no que se relaciona com a inclinação, de maneira que as estações são análogas, porém duas vêzes mais longas, aproximadamente. A grande excentricidade da órbita marciana faz com que importantes variações ocorram também nas estações. 8.º) É o planêta envolto numa atmosfera, onde, sem dúvida, flutuam certas nuvens, de coloridos variados. Estas são, em suma, as deduções dos 193 primeiros anos de observação de Marte. Nada se sabia da "geografia" pròpriamente dita de Marte — ou *areografia* — que deverá ser o objetivo do segundo período.

O segundo período — Foram dois grandes selenógrafos, que iniciaram o segundo período: Beer e Madler. Suas observações permitiram traçar o primeiro mapa areográfico realmente digno dêsse nome. Com tais observações entramos realmente no conhecimento físico de Marte. As dificuldades e as incertezas não desapare-

ceram, mas uma nova ciência tomou corpo e uma base sólida foi oferecida à análise. Beer e Madler, como novos Colombos, merecem ser apontados como os pioneiros de nova conquista, precedidos que foram por eminentes antecessores, dentre os quais Herschel e Schroeter merecem, sem dúvida, as honras principais.

Por mais incrível que pareça, o instrumento que serviu à concretização dêsse trabalho foi o mesmo utilizado para a Lua, ou seja um excelente refrator de 108 mm de abertura, construído por Fraunhofer. Depois de Beer e Madler, foi Sir John Herschel, filho do descobridor de Urano, que entrou em cena. Bessel, também, observou o planêta vermelho. Não podemos deixar de mencionar aqui quão grande foi o trabalho de Bessel, não com respeito a Marte, mas, sim, a outro gênero de trabalho astronômico. Bessel foi um matemático de gênio, tendo previsto apenas pelo cálculo a existência de um companheiro gravitando ao redor da estrela "alfa" do Grande Cão, ou seja a brilhante Sírius. A observação direta dêsse astro deve-se aos óticos de renome Alvan Clark (pai e filho) quando testavam uma objetiva de 460 mm de abertura. Vieram a seguir Sir James South, J.G. Galle, Julius Schmidt, Mitchel, Grant, Warren de La Rue, Jacob, Brodie, Webb, Main, Winnecke, Arago, que se preocuparam com a questão das estações; o Pe. Secchi, famoso por seu emprêgo da espectroscopia no estudo das estrêlas; E. Liais, do observatório de Paris, e que, alguns anos mais tarde, seria nomeado por D. Pedro II, astrônomo do Observatório Nacional do Rio de Janeiro; o célebre Camilo Flammarion, o maior divulgador da astronomia de todos os tempos; Lockyer, eminente estudioso do Sol; Phillips, de Oxford, grande observador de Marte; Lord Rosse, que, por algum tempo,

possuiu o maior telescópio do mundo; Lassell, que observou o planêta com um refletor de 1.200 mm de abertura. Não podemos silenciar os nomes de Green, de Kaiser, e, sobretudo, de Huggins, Miller, Rutherfurd, e Vogel, os primeiros a empregar a espectroscopia no estudo da atmosfera marciana; de Dawes, de Felix von Franzenau, de R. Wolf, assim como os de J.C. Zollner, Seidel e Schmidt, que empregando técnicas fotométricas, estudaram o planêta vermelho; o nome de R.A. Proctor, autor de bela carta areográfica, e de estabelecimento de uma excelente média para a rotação do planêta (24h 37m 22,7s); de Julius Schmidt, do observatório de Atenas, interessado também no problema da rotação; de Trouvelot, de Terby, etc., etc., enfim, um grande número de observadores que desenvolveram o melhor de seus esforços na solução do enigma marciano.

Conclusões do segundo período — Após êsse período, os astrônomos da época já estavam de posse de alguns dados importantes. Assim, o período de rotação de Marte foi fixado com precisão bastante rigorosa: 24h 37m 22,65s, com alguns centésimos de segundo, como se vê, sendo que o valor exato flutua entre 22,6 e 22,7s. Por outro lado, a geografia do planêta progrediu bastante, de início com Beer e Madler, em 1840, Kaiser, 1864, Phillips, no mesmo ano, Proctor, em 1867, Green, 1873. Concluíram os astrônomos da época que as manchas escuras visíveis eram "mares", e as claras, extensões continentais, ilhas, etc.; que existe relação entre a fusão das neves polares e a atmosfera (nuvens claras e escuras); que a análise espectral indica haver íntima relação entre nossas condições atmosféricas e as de Marte; que essa atmosfera é menos perturbada que a nossa;

que há menos água em Marte; que o relêvo é muito mais regular que o terráqueo. Para resumir, as analogias existentes entre êsse mundo e o nosso parecem confirmar-se com as observações; que a climatologia tem muito de semelhante com a da Terra; que as condições físicas de pressão atmosférica, de densidade, de gravidade, etc., determinam naquele mundo efeitos análogos ao das temperaturas diferentes. Tais são, em suma, os conhecimentos obtidos no fim do segundo período. Vejamos agora o que nos revelará o terceiro.

O terceiro período — Essa fase é caracterizada de maneira tôda especial. A bem dizer, um só observador — G. Schiaparelli — monopolizou o estudo de Marte durante êsse período. Não devemos entretanto esquecer que outros nomes, por sinal também famosos, muito colaboraram, como o já citado C. Flammarion, Asaph Hall (descobridor dos dois satélites), Green, Maunder (análise espectral), Perrotin, etc., Todavia, em que pese o que tais observadores realizaram, foi Schiaparelli que iniciou, a bem dizer, *o verdadeiro estudo de Marte.* Suas trinangulações, os estudos exaustivos de particularidades marcianas, os mapas, a descoberta dessas configurações cognominadas *canais,* fizeram dêle o maior e mais importante areólogo e o areógrafo do século passado. Com êle, Marte viu-se considerado o mais importante planêta do sistema solar depois da Terra e um dos mais importantes objetos da astronomia. Com Schiaparelli entramos na verdadeira areografia, pois, além de resumir todos os conhecimentos anteriores, abriu êle caminho às mais diversas pesquisas que deveriam efetuar-se sôbre o planêta vermelho. Como o astrônomo milanês representa, por assim dizer, o terceiro período, e

êste já se encontra pràticamente associado ao nível de conhecimento que temos de Marte, podemos entrar no estudo particular dêsse mundo, ou seja, de seus aspectos, particularidades, climatologia, atmosfera, etc. Embora incompleta a nossa exposição, objetivará, contudo, dar uma idéia suficiente a respeito dêsse membro do sistema solar que tanta celeuma provocou através dos anos.

Os aspectos do planêta e o que vemos em Marte — Aos olhos da moderna areologia, as observações que acabamos de mencionar têm, não obstante os nomes ilustres de seus autores, um valor de certo modo apenas histórico. Talvez o mais importante fator é a questão instrumental. De fato, telescópios cada vez mais possantes e mais numerosos, foram dirigidos para o planêta vermelho. Além dêstes recursos, poderosos métodos de pesquisa foram postos a serviço dêsses astrônomos, constituindo o campo da astrofísica. Agora temos o quadro da areologia moderna. É suficiente lembrar que o grande areólogo greco-francês, E.M.Antoniadi, durante três oposições favoráveis (de 1877 a 1924), reuniu o resultado de suas observações num gigantesco e belíssimo mapa que atualmente se encontra no "Palais de Découverte", de Paris. Vejamos, então, o estudo do planêta pròpriamente dito. Sendo as manchas visíveis na superfície do planêta, no sentido geral, permanentes, foram-lhe atribuídos nomes tirados, principalmente, da geografia e da mitologia greco-romana. Isso, como já vimos, tem se tornado comum na descrição dos pormenores planetários. Assim, todos os observadores de Marte conhecem a "Syrtis Major" (ou "Magna"), uma das manchas visíveis com pequenos instrumentos; "Sinus

Meridianii" ou "Sinus Sabeus", a célebre baía em forma de gancho, que serve de meridiano de origem às longitudes marcianas (assim como Greenwich no nosso planêta); *"Margaritifer Sinus"* (o gôlfo das Pérolas), *"Solis Lacus"* (o Lago do Sol), *"Mare Sirenum"*, (o "Mar das Sereias"), etc.

Entretanto podemos dizer que, desde 1924, a cartografia de Marte manteve-se pràticamente a mesma. Todavia, e com o fito de simplificar a complexidade e a heterogeneidade que essa cartografia vinha apresentando, a "Comissão 16", da União Astronômica Internacional, propôs-se (8.ª Assembléia, Roma, 1952), realizar uma coordenação dessa nomenclatura. Tal modificação, ou melhor, simplificação, atenderia melhor às necessidades atuais da astrofísica. Já na 9.ª Assembléia (Dublin, 1955), o grupo formado (Subcomissão 16ª) sob a direção do eminente areógrafo, A. Dollfus, pôde elaborar um projeto final que foi apresentado à 10.ª Assembléia (Moscou, 1958) e aprovado por unanimidade. Em linhas gerais, eis o que ficou resolvido a propósito:

No que respeita às grandes regiões do planêta, a nomenclatura adotada permanece idêntica à já conhecida, ou seja com as designações clássicas. Essa nomenclatura introduziu apenas uma simplificação e uma redução considerável no número de nomes utilizados. As pequenas formações receberam as eqüivalentes coordenadas planetocêntricas. Vejamos as vantagens.

1) Tal maneira de designar permitirá aos astrofísicos, não muito familiarizados com as particularidades demasiado numerosas de designações clássicas nomear e identificar as regiões, sôbre as quais são efetuadas medidas espectrais, fotométricas, polarimétricas ou radiométricas.

2) Permitirá aos observadores que disponham de instrumentos potentes, designar os pequenos detalhes, efêmeros e freqüentemente numerosos, pela simples indicação de suas coordenadas.

3) Permitirá ainda, pela indicação das coordenadas de locais característicos de seus contornos, localizar as nuvens atmosféricas, descrever suas evoluções, calcular também suas posições aparentes sôbre o disco, assim como as configurações do solo.

A título informativo, incluímos a seguir a lista dos documentos estabelecidos para o emprêgo da nomenclatura:

— um mapa contendo os nomes particulares de cada região;

— um mapa pormenorizado da nomenclatura dando a rêde das coordenadas;

— um catálogo alfabético das denominações, com suas coordenadas;

— o método a seguir, em três línguas (francês, inglês e russo).

As duas cartas anexas (vide Apêndices) são destinadas, pois, a permitir, de maneira simples e eficiente, a designação e a identificação das manchas da superfície do planêta. A maneira de proceder, de acôrdo com o recomendado pela U.A.I., está conforme também com aquela utilizada desde o século passado. Todavia, como poderá ser verificado por comparação com mapas mais antigos, é êle muito mais simplificado. Além do mais, o que é importante, atende às exigências da técnica de observação.

No que respeita ao método de designação, ficou êle estabelecido como segue:

1 — as *grandes regiões* são designadas por um nome próprio, solicitado à mitologia, conforme o método clássico anteriormente utilizado. Uma designação concerne ao conjunto de um dado território, permitindo, outrossim, a localização de uma região sôbre a qual forem efetuadas observações, ou ainda medidas espectrais, fotométricas, radiométricas, polarimétricas, etc.;

2 — os *pequenos detalhes* são designados por suas coordenadas planetárias lidas sôbre os próprios mapas. Tais mapas têm tanta precisão quanto o permitem as determinações de coordenadas atuais, servindo de padrão absoluto de referência. Por exemplo, as coordenadas se exprimem pela longitude, seguida da latitude, entre parênteses: (290.º, + 10.º) ou (190.º, — 45.º). Tal sistema permite a identificação e a localização de pormenores pequenos e numerosos, revelados por potentes instrumentos de observação, mesmo quando de duração efêmera ou variável.

Quanto ao seu emprêgo, o observador identifica a mancha vista sôbre o planêta com a região do mapa contendo os nomes, lendo a designação ou então as coordenadas. Para localizar uma região denominada, o catálogo alfabético anexo ao mapa n.º 1 fornece as coordenadas correspondentes, permitindo a sua localização sôbre o referido mapa.

Eis, pois, o que de mais recente se fêz a respeito da cartografia de Marte. Embora ainda cedo, o leitor já se pode familiarizar com um sem-número de aspectos que o planêta oferece. Isso, dentro de certas proporções evidentemente, e caso êle tenha ocasião de observar numa oposição normal ou pelo menos favorável. Vamos, pois, ao seu estudo.

As calotas polares — O primeiro dos objetos, o relêvo que em primeiro lugar se vê quando se observa Marte através de um instrumento de mediana abertura, diz respeito às manchas que cobrem as regiões polares. Não raro se verifica que tais formações se acham sujeitas às mais diversas variações, tanto no aspecto como nas dimensões.

As variações periódicas das calotas polares — Com efeito, se principiarmos a observar Marte no fim do inverno — e do hemisfério austral (referimo-nos às estações do planêta) — veremos que a calota polar ocupa enorme extensão, descendo até 60.° de latitude, aproximadamente, e cobrindo cerca de 10 milhões de quilômetros quadrados. Durante os meses seguintes, ela diminui progressivamente de extensão, de início lentamente, e depois cada vez mais ràpidamente. Em meio da primavera algumas falhas são notadas como que segmentando a mancha que se desloca, apresentando regiões de brilho variado e desagregando-se ràpidamente. Manchas parciais, isoladas da mancha principal persistem durante algum tempo, depois desaparecem. Finalmente, durante o verão do hemisfério acima citado, a calota polar continua a decrescer tornando-se minúscula, chegando mesmo, às vêzes, a desaparecer. Em geral, tal não ocorre, pois, próximo ao fim do verão, quando a calota se tornou bem pequena, vê-se que aparecem nas regiões polares, manchas claras e difusas, de aspecto esbranquiçado, mais tênues que a calota pròpriamente dita, e que se estendem ràpidamente, acabando, por recobrir completamente a zona polar e mesmo boa parte da zona temperada até os 40.° ou 50.° de latitude. Êsses véus claros e móveis persistem por todo o outono, desaparecendo no

fim do inverno. Vê-se, então, a calota polar reaparecer, de início muito pequena, para tornar-se em seguida branca, brilhante e bastante extensa como no ano precedente na época correspondente. E o ciclo periódico recomeça com seus fenômenos, reproduzindo-se assim cada ano com grande regularidade, a ponto de ter-se podido estabelecer tabelas de previsão permanentes dando as dimensões das calotas polares para cada época do ano marciano.

Irregularidade do ciclo periódico — Tal regularidade, como a princípio se poderá supor, não é perfeita e rigorosa, sendo que, em certos anos, a calota polar diminui um pouco mais ràpidamente do que em outros. Para ser mais exato, o decréscimo produz-se pouco antes ou pouco depois das datas previstas. Como exemplo, citamos a de 1939, na qual a calota polar austral encontrava-se adiantada de uns quinze dias no que respeita à Tabela Permanente de Antoniadi; enquanto isso, na oposição de 1941, ela pareceu atrasada uns dez dias. Pode-se, pois, dizer que, numa certa data marciana, a calota polar é menor que a normal, como em 1939, ou então maior, como em 1941.

Particularidades topográficas — Essas regiões marcianas apresentam certas particularidades e circunstâncias ligadas à diminuição de suas proporções que são atualmente bem conhecidas e estabelecidas. As falhas ou fissuras recortam as calotas polares; os fragmentos que dela se destacam durante a primavera, reproduzem-se sempre nos mesmos locais da superfície, revelando assim interessantes diferenças de constituição e, talvez, de nível. Observa-se também que o último resíduo da calota polar austral não está centrado no pólo mas en-

contra-se separado de cêrca de 7.º de latitude, ou seja de 400 km, aproximadamente. Note-se, pois, que à semelhança do que ocorre na Terra, o pólo do frio marciano não coincide com o pólo de rotação.

A franja escura — Outra particularidade verdadeiramente notável das calotas polares é aquela convencionalmente chamada de "franja escura". Como seu nome indica, ela circunda e acompanha as calotas polares na sua regressão. Alguns observadores pensaram que essa franja escura proviesse de um fator ilusório, oriundo de algum efeito de contraste subjetivo devido ao brilho contíguo à calota polar. A franja escura apresenta, às vêzes, brilho de intensidade desigual, ao longo das regiões claras e uniformes. Ela apresenta um tom mais escuro na margem das regiões menos brilhantes da calota polar. A franja escura persiste quando observada através de um filtro vermelho conforme foi também observado pelo autor, atenuando a brancura polar. Há razões para se crer que a franja escura seja um fenômeno concreto e real, conquanto exagerado pelo efeito de contraste. Pode-se notar que a franja escura não é geralmente visível no fim do inverno quando a calota está bastante extensa, nem durante o verão quando ela está muito reduzida. O grande areólogo francês, G. de Vaucouleurs, grande autoridade no assunto, demonstrou, em 1939, que o período de visibilidade da verdadeira franja escura coincide precisamente com aquêle do desaparecimento rápido da massa de neve da calota polar. Vem isso a propósito, caro leitor, pois é ocasião de perguntar-se: do que seria constituída essa neve? Várias razões demonstram não ser ela neve carbônica como outrora se pensava. Ela é pouco espêssa, como seu albedo o indica: 0,5 apro-

ximadamente (neve fresca: 0,8). Isso é também confirmado pelo seu brilho desigual segundo as regiões, o que é indicado pelo cálculo direto sôbre a relação da luz solar recebida, que conduz a admitir poucos centímetros de espessura. Tal fato é mais evidente no centro do que na periferia. A calota polar é, sem dúvida, constituída de uma camada de água cristalizada (gêlo, neve, etc.) semelhante à da Terra, que se condensa durante a estação fria sob as cerrações hibernais e na noite polar, para evaporar-se com a volta do Sol. Trata-se de evaporação, pois, com as baixíssimas pressões existentes em Marte, a *sublimação* (passagem do estado sólido diretamente para o estado gasoso) deve ser o fenômeno fundamental, pelo qual desaparece na superfície a água congelada. Não obstante isso, a franja escura mostra que, no contôrno da calota há, normalmente, verdadeira fusão durante certo tempo, por ocasião da primavera. Como se efetua, pois, a fusão dessa neve? Essa fusão tem sido fortemente contestada. Com efeito, um corpo sólido que recebe calor pode fundir-se, isto é, passar para o estado líqüido. Mas em certos casos particulares, a água congelada pode passar diretamente do estado sólido ao estado gasoso, isto é sublimar-se. A vaporização é tanto mais ativa quanto mais fraca a pressão atmosférica ambiente. Em consequência das baixas pressões existentes em Marte, não se deve estranhar que tal processo desempenhe papel preponderante e que a sublimação seja um fenômeno essencial para explicar o desaparecimento periódico das calotas de Marte. Por outro lado, certos fatôres observados no comportamento das calotas polares são de ordem a indicar que o fenômeno comum de fusão poderia ocorrer em Marte. Tal fenômeno estaria em íntima relação com a própria atmos-

fera do planêta. Parece estar sòlidamente estabelecido, hoje, que o estudo aprofundado do mecanismo que rege o aparecimento e a fusão das calotas polares deverá resolver, em grande parte, inúmeros enigmas do planêta Marte. Aliás, é no estudo dessa atmosfera que os astrofísicos estão hoje em dia concentrando o melhor de seus esforços.

A atmosfera de Marte — Mencionamos a questão da atmosfera em Marte. Somos obrigados, pois, a comentar alguns de seus mais interessantes aspectos. A presença de uma atmosfera em Marte, já o sabemos, é reconhecida de longa data. Todavia, os conhecimentos positivos de sua composição, estrutura, pressão, etc., são conquistas, note-se desde já, do último período dos quatro em que dividimos a história da história de Marte. A composição química dessa atmosfera pode ser deduzida através de vários meios, a saber:

1 — A teoria cinética dos gases afirma, segundo J. Jeans, que um gás demasiadamente leve, cuja velocidade de agitação média ultrapasse 1/5 da velocidade de fuga (igual a 5 km/seg. em Marte contra 12 km/seg., aproximadamente, da Terra), não será mais retido pela atmosfera. Tal fato elimina, em Marte, a presença do hidrogênio e do hélio.

2 — As propriedades químicas admitem que certos gases quìmicamente ativos não poderiam permanecer livres por muito tempo. Nessa classe se encontram os halogêneos, tal como o Cl_2, e um grande número de óxidos gasosos, NO_2, CO, particularmente, o ozônio O_3, se porventura se encontrar em contato com a superfície (Wildt).

3 — A análise espectral — processo mais direto — não tinha revelado, pelo menos até recentemente, qualquer raia característica no espectro de Marte. Isto elimina a presença de gases bem evidentes nos outros planêtas, particularmente o metano e a amônia, abundantes nos grandes planêtas.

No que respeita ao gás carbônico, CO_2, em tão grande quantidade na atmosfera de Vênus, êste tinha até há pouco escapado à pesquisa. Entretanto, Kuiper, grande autoridade no assunto, pôde revelar em 1947, no observatório McDonald (Texas), a presença desse gás na atmosfera marciana, em fraquíssima quantidade, porém, comparável à que existe na atmosfera terrestre.

Importantes resultados foram os conseguidos por Adams e Dunham, relativos ao oxigênio (1933), e ao vapor dágua (1937-1941). Não obstante os mais poderosos meios de pesquisa empregados, no observatório de Mt. Wilson, nenhum vestígio de oxigênio nas raias características de origem marciana pôde ser registrado. Isso permite afirmar que não há, livremente, na atmosfera de Marte — guardadas tôdas as proporções — nem 1/100 ou mesmo 1/1000 do oxigênio presente na nossa. Foi sugerido, a êsse respeito, por Russel e Wildt, que o oxigênio marciano tenha, provàvelmente, se esgotado fixando-se ao solo por intermédio do ozônio. Tal teoria está de acôrdo com os prováveis teores em óxidos de ferro dos desertos marcianos. Todavia, mencionamos, linhas acima, oxigênio *livre*: veremos que, note-o o leitor, que, de acôrdo com as últimas pesquisas (1958), êsse elemento pode muito bem existir apesar de não revelar sua existência nos espectros obtidos. Quanto ao vapor dágua, podemos dizer que as raias marcianas não atingem 5% da intensidade das raias terrestres, o que

se constitui na confirmação das idéias geralmente admitidas acêrca da dessecação bastante adiantada do planêta e do estado habitualmente ressecado de sua atmosfera. Esta deve ser constituída de gases não analisáveis espectroscòpicamente, bastante pesados e quìmicamente não muito ativos, o que, por eliminação, conduz a admitir a presença de gases raros, tais como o nitrogênio, como principais constituintes gasosos permanentes dessa atmosfera. A êsses últimos deve-se acrescentar uma fraca quantidade de gás carbônico.

Estrutura física da atmosfera — A estrutura física da atmosfera marciana foi revelada sobretudo pelas fotografias obtidas através de filtros coloridos mostrando as configurações da superfície em luz amarela e vermelha em contrastes notáveis. No azul e no violeta, pelo contrário, êstes contrastes desaparecem, apresentando pormenores de outra ordem. Em certas ocasiões, as manchas da superfície permanecem bem visíveis nas imagens azuis. Êsse caso de transparência excepcional prova que a opacidade usual da atmosfera marciana nos curtos comprimentos de onda não é essencialmente devida aos seus constituintes gasosos permanentes. Há uma camada absorvente e difusora da matéria finamente dividida em suspensão na atmosfera, apresentando raras aberturas (Slipher). A matéria que constitui essa "camada violeta", como é chamada, permanece ainda ignorada, profundamente misteriosa e de variações inexplicadas.

As fotografias monocromáticas — de acôrdo com a observação visual — revelam a presença de nuvens de dois tipos principais (Wright):

1 — Nuvens "azuis", que são vistas em luz violeta e desaparecem em luz vermelha. São elas visualmente branco-azuladas.

2 — Nuvens "amarelas" que são vistas em luz vermelha e desaparecem na luz violeta.

As primeiras podem ser comparadas às brumas ou leves véus de finíssimos cristais de gêlo, como nossos mais fracos "cirrus". Mantêm-se a elevadas altitudes, próximas de 10 a 30 km, segundo as protuberâncias produzidas no terminador, manifestando marcada predileção pelas zonas escuras do planêta e suas imediações (Fournier). As segundas poderiam ser véus poeirentos, levantados pelos ventos nos desertos (Douglas, Antoniadi). Todavia, torna-se difícil explicar como podem êles persistir durante semanas e cobrir quase todo o planêta (o que também foi verificado pelo autor), sobretudo com ventos fracos — alguns metros por segundo — como acusam seus deslocamentos. Invocou-se também a existência de nuvens de cinzas vulcânicas (Jarry-Desloges, McLaughlin), cuja persistência em elevadas altitudes é bastante conhecida aqui na Terra. A "camada violeta", que parece manter-se numa região intermediária, poderia estar situada a dez ou quinze quilômetros.

As cerrações polares hibernais comportam-se como as "nuvens azuis" sendo invisíveis na luz vermelha. Na primavera, a calota polar é sobreposta por uma formação atmosférica vaporosa e mais extensa do que a própria calota, revelada igualmente pelas imagens violetas. Tal formação parece reduzir-se e, por fim, desaparecer completamente no verão. Há, ainda, diversas outras manifestações que dão à atmosfera marciana a complexidade que é há muito conhecida. (Fig. 4)

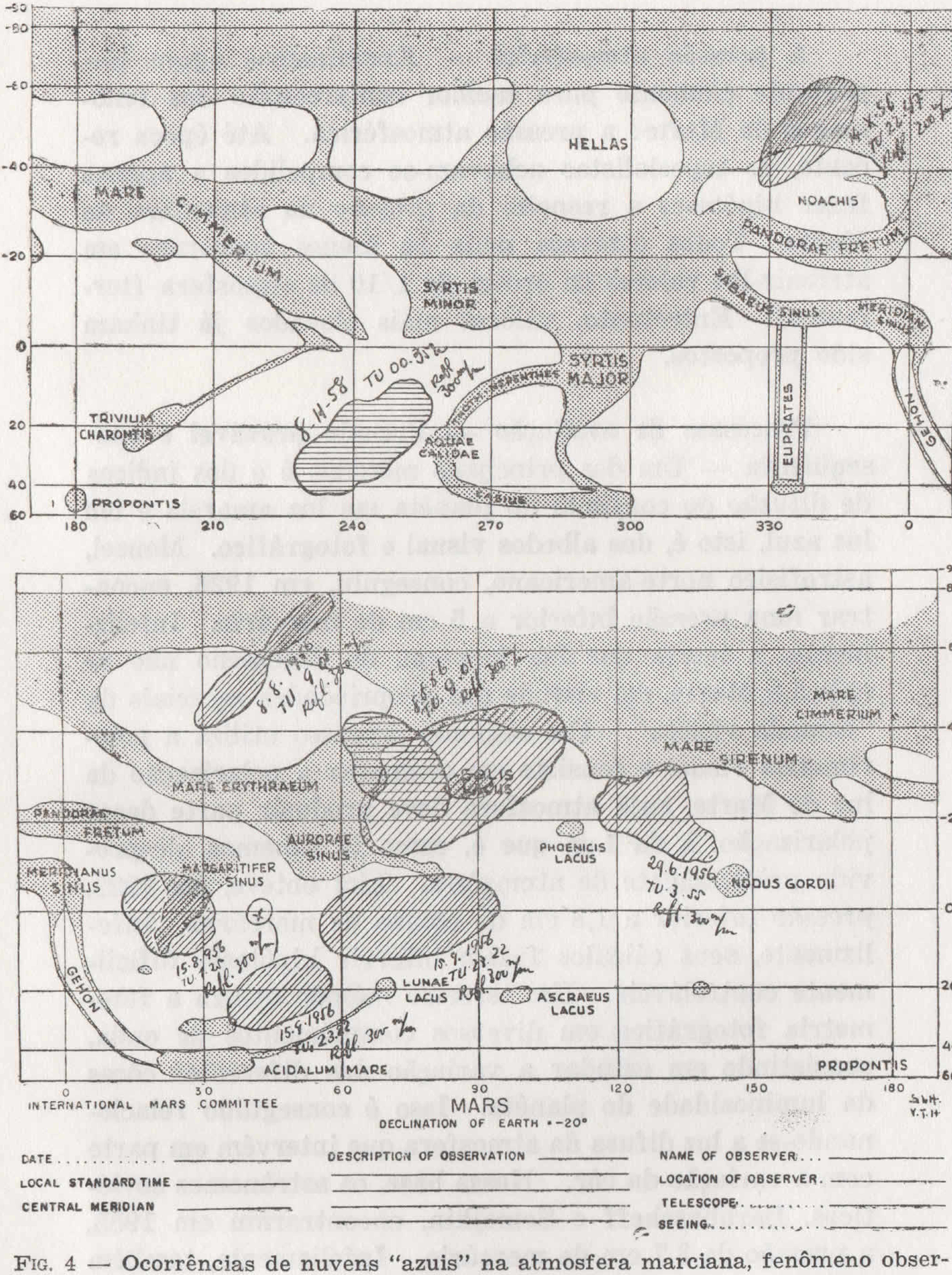


FIG. 4 — Ocorrências de nuvens "azuis" na atmosfera marciana, fenômeno observadas através de filtros seletôres azuis. (I.M.C.) Obs. Capricórnio

A pressão atmosférica — Examinemos agora importante elemento para melhor compreensão dos fenômenos de Marte: a pressão atmosférica. Até época recente, os especialistas achavam-se compelidos a apenas fazer hipóteses a respeito da pressão na atmosfera de Marte. Todos estavam mais ou menos concordes em atribuir-lhe valores da ordem de 1/10 de atmosfera (terrestre). Entretanto, valores mais elevados já tinham sido propostos.

Processos de avaliação — Pressão provável e conseqüência — Um dos principais métodos é o dos índices de difusão do conjunto do planêta em luz amarela e em luz azul, isto é, dos albedos visual e fotográfico. Menzel, astrofísico norte-americano, conseguiu, em 1926, encontrar uma pressão inferior a 5 cm de mercúrio. Infelizmente, a teoria que êle forneceu do fenômeno não se aplica a Marte, em virtude das propriedades especiais da "camada violeta". Um segundo processo utiliza a polarimetria visual e consiste em comparar a polarização da luz de Marte, cuja atmosfera deve produzir parte dessa polarização, à da Lua que é, como já sabemos, desprovida pràticamente de atmosfera. Liot obteve, em 1929, pressão inferior a 1,8 cm da coluna de mercúrio. Infelizmente, seus cálculos fazem intervir hipóteses difìcilmente controláveis. Um terceiro método utiliza a fotometria fotográfica em diversos comprimentos de onda, consistindo em estudar a variação das diferentes côres da luminosidade do planêta. Isso é conseguido relacionando-se a luz difusa da atmosfera que intervém em parte com a variação da côr. Nessa base, os astrônomos soviéticos, Barabascheff e Semejkin, encontraram em 1933, a pressão de 3,7 cm de mercúrio. Infelizmente, também

os referidos especialistas dão ao fenômeno explicação que parece sujeita a dúvidas, enquanto que suas medidas também pecam por graves erros. W. Scharonow, outro físico soviético, deduziu de suas fotografias obtidas durante a oposição de 1939, a pressão de 9 cm de mercúrio, mas isso por processo bastante indireto e, como êle mesmo afirma, de caráter muito especulativo. Por fim, um quarto método, análogo ao precedente, que utiliza a fotometria visual, e que consiste em estudar a variação e o brilho das manchas do planêta, segundo suas distâncias do centro do disco, pelo fato da espessura atmosférica interposta aumentar ao mesmo tempo que essa distância. A êsse respeito, as observações realizadas por Vaucouleurs, no observatório do Houga (França), em 1939, permitiram a êsse pesquisador obter, dessa forma, a pressão próxima a 7 cm de mercúrio. Tal resultado, como é aventado pelo autor, não é mais seguro que os precedentes, em virtude das determinações visuais serem também sujeitas a erros. Em suma, a pressão atmosférica de Marte é ainda mal conhecida, mas parece estar delimitada entre médias bastante próximas a 4 cm da coluna de mercúrio na superfície do solo. Tal média, convém notá-lo, é sensìvelmente idêntica a 1/20 da atmosfera terrestre nas mesmas condições. Êsse resultado, bastante importante, é muito superior às tensões máximas do vapor dágua, às temperaturas usuais; destarte, se houver água em Marte, *ela pode permanecer no estado líquido* enquanto sua temperatura não se elevar acima de + 30º a + 40º C. A título de curiosidade, relembremos que a pressão de 4 cm coluna de mercúrio é aquela que reina em nossa atmosfera por volta de 24 km de altitude, ou seja na alta estratosfera. Notemos, todavia, que a gravidade em Marte é mais fraca enquanto que a pressão

diminui menos ràpidamente que na Terra; desta maneira, nas grandes altitudes (mais de 40 km) a pressão atmosférica marciana deve ser, pelo contrário, superior à existente no nosso globo ao mesmo nível.

Tal fato pode ajudar a compreender o porquê das elevadas altitudes em que se encontram as nuvens de Marte e também por que os ventos, associados às variações e diferenças de pressão, são tão moderados. Muitos outros problemas há, tais como a questão da irradiação solar e como é ela filtrada na atmosfera, etc., mas fugiriam, por certo, aos nossos limites.

Os climas marcianos — Passemos, agora, a tratar de uma questão que adquiriu nos tempos atuais importância das mais notáveis. É de extraordinário valor o que se sabe, hoje, a respeito das temperaturas reinantes na superfície de Marte. Com efeito, associando minúsculas temócuplas aos grandes telescópios, Pettit e Nicholson, no Mt. Wilson, e Coblentz, Lampland e Menzel, no Observatório Lowell, conseguiram, desde 1922, determinar diretamente as temperaturas de diferentes regiões do planêta. As conclusões principais dessas medidas são aquelas que damos a seguir.

Como já fôra previsto, a temperatura média de Marte é mais baixa que a da Terra. É ela de aproximadamente, —20° a —30°, contra +10° a +15°. No centro do disco, porém, ao meio-dia, e no verão, e sob os trópicos, as temperaturas ultrapassam nìtidamente 0° e são vizinhas de +10° a +20° nas *regiões claras,* de +20° a +30° nas *regiões escuras.* O solo marciano pode atingir, sobretudo nas regiões escuras, temperaturas bastante elevadas. A atmosfera deve ser extremamente fria e, particularmente, as nuvens "azuis", devido à sua

grande altura, frigidíssima, próximas de -60°. Parece ter sido esclarecido que, mesmo no equador, as noites *devem ser fortemente frias,* o que aliás podia ser previsto em virtude da rarefação e do ressecamento da atmosfera. Quanto ao ponto de vista periódico estacional das temperaturas — ao meio-dia local — estas são, em média, as seguintes:

Próximas do equador .... + 20°
Nos trópicos .... + 30° no verão, +10° no inverno;
Zonas temperadas .... + 10° a + 20° no verão, — 10° a 0° no inverno;
Regiões polares .... — 10° a +10° no verão, enquanto que, no inverno, durante a longa noite polar, a temperatura deve descer, sem dúvida, a —100° aproximadamente. Tais temperaturas foram registradas por Coblentz na oposição periélica, isto é, quando o planêta se encontra mais próximo do Sol; nas oposições afélicas, estas médias são de 20°, aproximadamente, mais baixas. Pode-se, pois, concluir que os climas de Marte são sensìvelmente mais rigorosos que os da Terra, com variações diurnas e periódicas estacionais, de temperaturas mais pronunciadas.

O PLANÊTA MARTE E OS SEUS PRINCIPAIS ASPECTOS — AS REGIõES CLARAS E AS REGIõES ESCURAS.

As regiões claras — A superfície de Marte é coberta, em cêrca de 2/3, por regiões claras que apresentam ao telescópio belo colorido róseo ou, preferìvelmente, ocre. São elas, em geral, muito monótonas e de uma grande estabilidade. Tais extensões são responsáveis pela côr avermelhada que caracteriza o planêta a olho nu.

A hipótese dos desertos — Há muito tempo essas regiões claras são consideradas como desertos de areia, comparáveis ao nosso Saara, ou zonas desnudas cobertas, provàvelmente, de poeiras mais ou menos coloridas por sais metálicos, tais como o óxido de ferro (Fe_2O_3), cuja côr vermelha é bastante conhecida. A hipótese baseia-se, de início, no fator de difusão de tais regiões que é próximo de 0,15 a 0,20, isto é, comparável aos dos nos arenitos vermelhos e da média de nossos desertos, escalonada entre 0,10 e 0,25 aproximadamente. A possibilidade da existência de um relêvo pouco elevado permite explicar certos véus amarelados que sôbre tais regiões se estendem, às vêzes, assemelhando-se a tempestades de areia. Tal interpretação foi reforçada pelas estupendas pesquisas polarimétricas do célebre astrofísico B. Lyot (1922-1928) que, após ter notado que a curva de polarização de Marte é notàvelmente semelhan-

te à da Lua, pôde reproduzir experimentalmente esta última, por uma mistura conveniente de cinzas vulcânicas. As medidas radiométricas de Coblentz (1924-1926) permitiram a êsse notável pesquisador, em seguida a uma revisão mais recente (1942), apanhar o espectro de emissão do infravermelho, característico dos silicatos.

É, por outra, muito interessante notar que, entre nós, um pesquisador bastante conhecido por seus trabalhos minerológicos, R. Argentière, procedeu a um levantamento estatístico a respeito do problema do solo de Marte, chegando a curiosas conclusões. Tal trabalho, por sinal extremamente interessante, pode ser lido em sua obra, *O Sol e os Planêtas*, 2.ª edição (1959) e, anteriormente, de maneira mais completa, em nosso artigo, "O Planêta Marte" (*Anhembi*, fevereiro e março 1955). Dessas conclusões, extraímos as seguintes:

"O que chama a atenção no planêta, à primeira vista, é a sua côr vermelha. Observando-se ao telescópio certas regiões de Marte, elas apresentam côr rósea, alaranjada ou ocre. Nas fotografias, estas regiões parecem de côr mais branca. Clyde Tombaugh, que vem observando há anos o planêta Marte, verificou que essas áreas róseas, alaranjadas ou ocres são desertas. São bem conhecidas as experiências de Pickering para a determinação de côr e terrenos em Marte, através da comparação com áreas geológicas da Terra. Pickering, por meio dessa comparação, concluiu que essas áreas areológicas são desertos". (Segue-se um confronto entre a superfície da Terra e a de Marte, também do citado autor.)

Como nota muito bem G. de Vaucouleurs, pode-se, pois, considerar que a teoria desértica das regiões claras do planêta "parece sòlidamente estabelecida sôbre um

conjunto de observações concordantes". Pessoalmente, e baseados que estamos em nossas próprias observações, durante três oposições (1954-1956-1958), o que nos foi dado constatar no planêta é de ordem a inclinar-nos por essa hipótese.

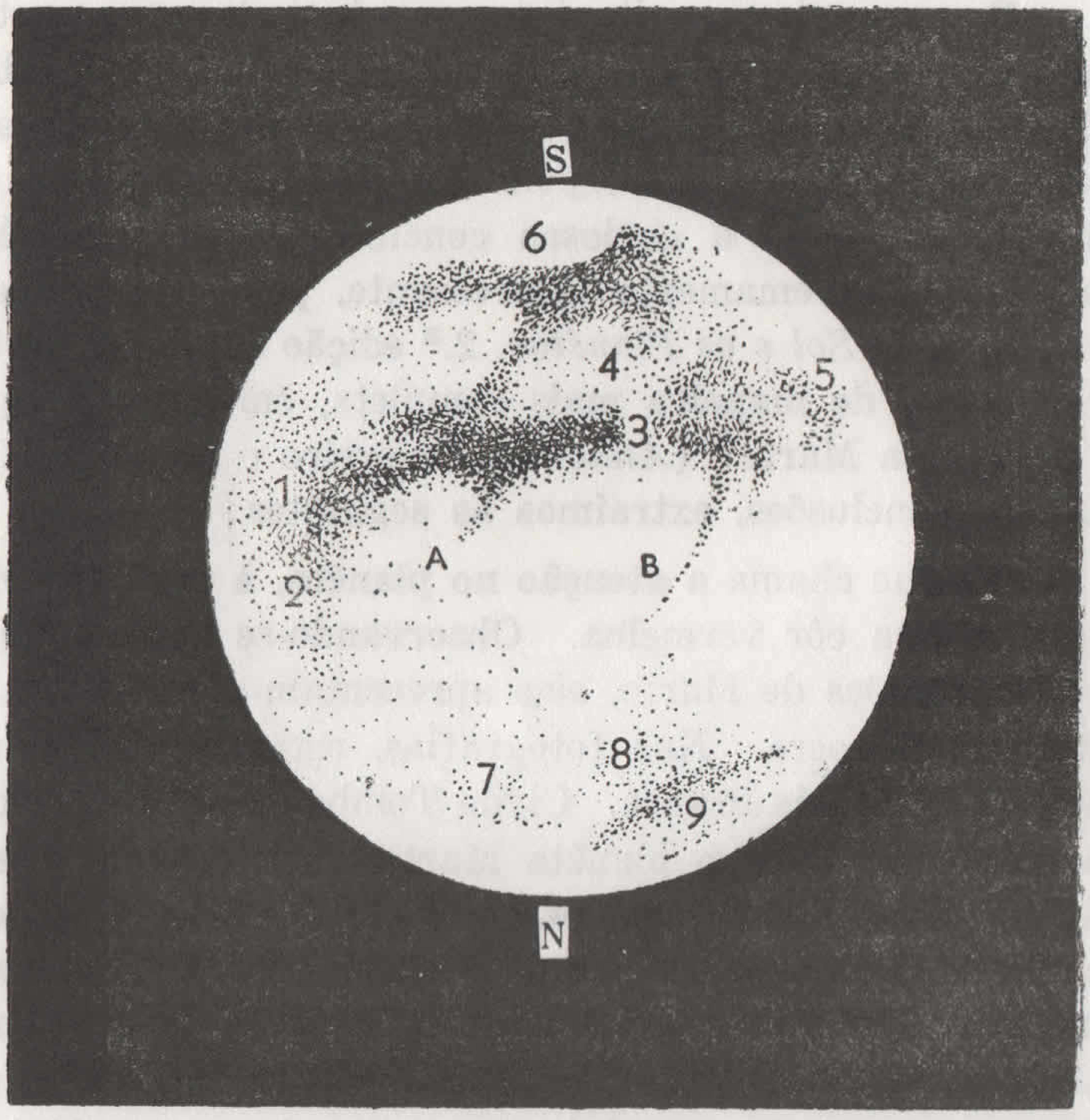


FIG. 5

Desenho de Marte compôsto de várias observações realizadas durante a oposição de 1954. (Observatório do Capricórnio). Legenda: 1) Syrtis Major; 2) Nylosirtes; 3) Sinus Sabaeus; 4) Deucalionis Regio; 5) Margaritifer Sinus; 6) Calota polar meridional; 7) Ismenius Laws; 8) Niliacus Lacus; 9) Acidalium Mare; A "Canal" Phison; B "Canal" Heiddeckel.

As regiões escuras — Eis aqui uma das questões mais interessantes da areografia. Essas manchas escuras, por desenharem configurações características, é que dão ao planêta aquêle quê, que torna o seu estudo tão interessante e, digamo-lo depressa, tão enigmático. Tais manchas desenham sôbre a superfície do planêta o que se constitui, através dos anos, a areografia pròpriamente dita. Estudos cuidadosos demonstraram que, afora as modificações aparentes provenientes da interposição de nuvens, as manchas sofrem variações intrínsecas quanto aos seus pormenores. Algumas são *acidentais,* consistindo, às vêzes, no escurecimento parcial e rápido de uma região clara geralmente marginando uma região escura — seguida, depois de alguns anos, de um retôrno ao aspecto anterior. Certas regiões escuras parecem revelar curiosa inclinação a tais variações. As outras têm, pelo contrário, um caráter nìtidamente periódico estacional e se manifestam sob diferentes formas cujas relações mútuas estão por determinar. Uma primeira forma dessas variações consiste na extensão, seguida, alguns meses mais tarde, de retraimento de certas manchas escuras sôbre as regiões claras próximas, seguindo um ritmo mais ou menos periódico estacional suficientemente regular, contudo — como ocorre com "Syrtis Major", "Pandorae Fretum", etc., — para que seu retôrno seja previsto (Antonialdi). (Fig. 5)

Uma segunda forma afeta o colorido das manchas, em nítida relação com as variações relativas às estações e às calotas polares. Ela se manifesta pelo desenvolvimento, durante a primavera, a partir da calota polar, de uma faixa escura ou parda em rápida expansão para o equador, variando as cinzentas, azuladas ou verdoengas, para carminadas, e revelando ao mesmo tempo grande

diversidade de constituição (Antoniadi, 1924). À margem de algumas regiões, a maioria das manchas escuras sofre uma mudança de côr no verão. Tal fato faz com que surpreendamos em flagrante um fenômeno que se propaga para tôdas as direções, provocando modificações nas regiões escuras. Outras variações ainda parecem ocorrer sob a dependência do ciclo estacional das calotas polares e afetam, não mais *a côr e a forma* das manchas, mas sòmente seu grau de escurecimento, que evolui, segundo Lowell e Fournier, da forma descrita abaixo.

Durante o inverno, num hemisfério, as regiões escuras parecem pálidas e de contornos bastante vagos. Desde o início da primavera, as regiões circumpolares tornam-se escuríssimas; no decorrer do início da primavera e durante a regressão da calota polar, o escurecimento ganha as regiões temperadas, estendendo-se ràpidamente sôbre as regiões tropicais; aí, as manchas tomam formas, bordejando o outro hemisfério; durante o verão, as regiões polares tornam a ficar pálidas, como se tivessem sido "esvaziadas de seu escuro conteúdo" (Fournier). Êsse escurecimento parece espalhar-se, de preferência, seguindo certas grandes artérias, onde se desenvolvem traçados escuros que parecem ligados às fissuras ou falhas da calota polar, prolongando-as (Fournier, Jarry-Desloges). Êsses fenômenos revelam, ainda, *uma atividade ligada à chegada de produtos oriundos da calota polar;* as aparências observadas conduziram a imaginar uma circulação de água de fusão no estado líqüido. Todavia, em virtude do achatamento do planêta (cêrca de 1/200), êsse transporte do pólo para o equador deveria ocorrer contra a gravidade. A fim de explicar êsse transporte sob forma líqüida, invocou-se a "ação capilar por porosidade" (Fournier), ou "uma organiza-

ção especial e artificial" (Lowell). A existência de *umidade* propagada pela atmosfera é suficiente, porém, para explicar o fenômeno. Segundo as observações efetuadas em 1939, por Vaucoulers, as conclusões extraídas são as seguintes:

1) As "corridas" escuras de certas artérias (Hellespontus, por exemplo) propagam-se à razão de 18 km por dia, enquanto que a *onda de escurecimento geral* se estende à razão de 45 km por dia — 2,5 vêzes mais rápida — o que parece denotar natureza diferente.

2) A topografia condiciona o trajeto das primeiras, enquanto que não parece influir sensìvelmente na expansão da segunda, que revela mais ou menos possuir tôdas as extensões da mesma altitude. Se, pois, as primeiras se propagam *no solo,* a segunda parece estender-se por *via atmosférica.*

3) A onda geral de escurecimento parece conservar a mesma velocidade ao passar de um hemisfério para outro. Isso permite pensar que os *ventos* não devem participar de maneira notável na sua expansão, pois haveria descontinuidade para o equador por razão de simetria.

A umidade seria transferida, sobretudo, por *difusão,* na atmosfera, sob a forma de *vapor invisível,* das regiões polares para o equador. Tal processo coaduna-se mais com o que sabemos a respeito do estado ressequido e da fraca pressão atmosférica marciana, onde os fenômenos de evaporação e de sublimação devem ter importância preponderante. Concorda ainda com a velocidade de 45 km por dia (2 k/h) que parece ser demasiadamente rápida para uma propagação capilar no solo. Isso determina o agente responsável pelas variações periódicas estacionais e seu modo de propagação. Restaria, pois,

especificar sua ação e determinar a *natureza das regiões escuras*. Entretanto, já há muito tempo tornou-se hábito ver, nessas regiões escuras, extensões de *vegetação* mais ou menos comparáveis à nossa. Êste fato permite interpretar as variações periódicas de extensão, de intensidade e de colorido, assim como a sua subordinação à chegada da umidade. Contudo, é importante notar que o colorido geral, mais ou menos esverdeado, das manchas escuras de Marte, tantas vêzes invocado, não pode ser mais mantido como argumento favorável. Por exemplo, nossa vegetação verdece na primavera e passa ao amarelo-avermelhado na estação sêca, enquanto Marte, pelo contrário, apresenta uma passagem dessa côr a partir da calota polar à chegada da umidade. O poder refletor elevado de nossas paisagens de vegetação no infravermelho médio produz o efeito de neve bem conhecido como *efeito Wood*, fato que não ocorre em Marte: as manchas escuras aparecem particularmente escuras nas fotografias infravermelhas. Outras hipóteses servem para explicar a questão. Todavia, como veremos mais adiante, os últimos progressos espectroscópicos ocorridos durante a oposição de 1958 foram de ordem a resolver de vez essa cruciante questão da existência de vida vegetal em Marte. Se, até bem recentemente, essa possibilidade via-se aceita apenas com a obtenção de provas indiretas, a evolução dos meios de pesquisas permitiu a obtenção de resultados verdadeiramente espetaculares. Segundo um grande especialista, William M. Sinton, que trabalhou na referida época com espectrógrafos de grande dispersão, suscetíveis de explorar diferentes regiões do planêta, os resultados obtidos não deixam margem a dúvidas. Os espectros obtidos, são ao que consta, devidos a moléculas orgânicas obtidas em três diferentes

comprimentos de ondas: 3,43; 3,56 e 3,87 mícrons. Trata-se, sem dúvida, da primeira vez que, *experimentalmente,* o homem obtém a prova concreta da existência de moléculas orgânicas no planêta Marte. Destarte, como concluiu Sinton, "deve-se admitir como lógico o crescimento de vegetais, já que isso é comprovado por tais moléculas orgânicas". A Ciência comprova assim as suposições tidas como "fruto da imaginação" de grande número de cientistas do passado! Naturalmente, é lógico dizê-lo, ela precisava *prová-lo,* o que ocorreu agora.

A questão dos canais — É a que, por excelência, polarizou o interêsse despertado por Marte. Comentar de maneira completa o que foi tal questão, responsável pela eclosão de intermináveis debates, ocuparia, certamente, grande parte do nosso trabalho. Não o faremos, embora seja de nosso intuito expor sua importância dentro de normas suscetíveis de permitir ao leitor a sua interpretação. De início, basta lembrar que a designação convencional de "canal" aplica-se a ligeiros traçados, mais ou menos regulares e mais ou menos finos, observáveis através das regiões desérticas do planêta. Êsses traçados foram desenhados por certos astrônomos (Schiaparelli, Lowell e seus assistentes, etc.), como sendo linhas retas, excessivamente finas e numerosas; foram contadas várias centenas ligando as manchas escuras entre si, e apresentando nos seus pontos de interseção pequenas manchas escuras, arredondadas, os "oásis". O aspecto geométrico e coordenado do sistema, suas variações periódicas ligadas à evolução das calotas polares, o fenômeno bastante estranho do desdobramento ou geminação dos canais e dos oásis, conduziram alguns observadores (Lowell, principalmente) a ver nos mesmos ves-

tígios de uma *organização racional* para a repartição da água e a prova da existência dos "marcianos". Todavia, êsses canais pareciam demasiado finos para o poder de separação dos instrumentos, tendo sido mais ou menos desenhados sôbre outros planêtas (Lowell, Douglass). Nem sempre, porém, permaneciam visíveis nos grandes instrumentos (Barnard). Chegou-se, então, a considerá-los como "representações estilizadas de limites de meio-tons" (Green); de "manchas mais ou menos alinhadas" (Cerulli) e como "linhas fictícias entrevistas na direção de elementos complexos" (Maunder), ou mesmo como linhas puramente ilusórias nas geminações. A interessante questão parece ter sido resolvida nesse sentido, como conseqüência das observações feitas com a grande luneta do observatório de Meudon, por Antoniadi (1909-1924), mostrando que "os acidentes de Marte apresentam em todos os lugares uma estrutura infinitamente irregular e natural". Essas conclusões, confirmadas em diversos casos, foram geralmente adotadas *na Europa*. É necessário frisar que tal não ocorreu *na América*, onde os canais parecem ter sido sempre desenhados em grande número (Pickering, Slipher), mesmo com grandes instrumentos (Trumpler, 1924), e onde categòricamente se afirmou que "as observações visuais feitas no observatório Lowell foram totalmente confirmadas e corroboradas minuciosamente pelas fotografias" (Slipher). Desta forma, *não poderíamos considerar êsse problema como definitivamente resolvido*. Deve-se frisar que as formações lineares — contínuas ou não — descobertas por Schiaparelli há três quartos de século são vistas sempre nos mesmos lugares, e parecem participar dos ciclos periódicos das manchas escuras. Nos seus lugares podem desenvolver-se *faixas escuras de*

grande importância, suscetíveis de perdurar por vários anos, mas podem também se apagar, desaparecer e tornar-se insignificantes. Outros investigadores afirmam que o "fenômeno dos canais, pelo conjunto de suas propriedades, é um fenômeno especìficamente marciano" (Fournier).

A estrutura exata dêsses canais constitui, até agora, uma questão de apreciação sugestiva. As próprias *fotografias* têm sido invocadas, tanto contra a realidade dos canais e de suas geminações, como a seu favor. Na realidade, as imagens fotográficas obtidas até agora parecem demasiadamente pequenas e insuficientemente nítidas para que possamos concluir definitivamente por uma ou outra teoria. As observações feitas desde 1941, em condições particularmente favoráveis no observatório do Pic-du-Midi, por Lyot e seus colaboradores, confirmaram, note-se, a existência de um certo número de canais simples e mesmo duplos, dos quais alguns foram mesmo fotografados. É, porém, digna de registro a opinião de um grande areógrafo, especialista mesmo em fotografia planetária, H. Camichel, do observatório do Pic-du-Midi. Na opinião dêsse astrônomo, os canais não existem, ou pelo menos *não na forma em que são freqüentemente desenhados.* Quando as condições de observação são favoráveis, êsses canais são resolvidos em numerosas e ínfimas manchas, mais ou menos alinhadas ou que correspondem aos pontos de contato entre regiões de diferentes índices de brilho. É-nos grato registrar essa opinião, pois ela corrobora em cheio nosso modo de pensar. Embora não utilizemos mais que um refletor de apenas 300 mm de abertura, e nossa estação de observação seja, como se diz, "de planície", nunca conseguimos registrar a ocorrência de um canal sequer! Vimos, isto

sim, diferença de "pontos de contato" entre essa ou aquela região, mas "linhas finas alongadas" nunca! O curioso, porém, é que colegas nossos isso constataram, como o Eng. Tomás P. Bun, que através de um 250 mm, F/d=10, registrou a existência de um, o *Phison*. Ao nosso modo de ver, trata-se de uma questão de interpretação. A fina região escura (fina relativamente, pois, à escala da imagem, seria extremamente larga) delimitaria *nìtidamente duas regiões menos escuras* dando aso a que o observador interpretasse a imagem de modo particular. Dizemos isso pelo seguinte: um outro colega nosso, também do "Capricórnio", muito embora não seja observador constante, não consegue ver as crateras lunares como realmente são, isto é, côncavas, mas sim *convexas!* Pelo visto, os efeitos de sombra e luz são interpretados, certa ou erradamente, de maneira tôda especial. Segundo o que podemos afirmar, os canais ou, de acôrdo com nosso ponto-de-vista a respeito, os detalhes que os originam sòmente podem ser vistos quando o *máximo de resolução* é obtido. Como já sabemos, isso é de certo modo incomum. O citado Camichel menciona o caso seguinte, por sinal extremamente valioso na elucidação ou pelo menos interpretação do fenômeno. Conta êle que, em 1941, observou que a região ocidental do "Sinus Meridiani" é dupla. Tal região, note-se, é uma das mais imutáveis de todo o planêta. Contudo êsse seu aspecto geminado foi observado repetidamente no "Pic-du-Midi" em outras oposições, o que foi constatado com um refrator de 60 cm de abertura. Sem qualquer sombra de dúvida, essa duplicidade sempre existiu, não tendo sido antes registrada devido a condições desfavoráveis de observação. Note-se também que essa duplicidade foi observada pela primeira vez com um refrator, também do "Pic", de 38 cm. Não

devemos esquecer, como muito bem realça Camichel, que a turbulência atmosférica em baixas altitudes teria reduzido o poder resolutivo do 38 cm àquele de um 30 cm. Camichel e outros observadores constataram a referida duplicidade de "Sinus Meridiani" mas não a existência de canais; por outro lado, outros observadores ainda, o que é curioso, viram e desenharam vários canais, mas não a duplicidade do referido acidente areográfico.

Apesar de tôdas essas controvérsias, é de se esperar que, um dia, a natural evolução das técnicas de pesquisas postas pela ciência ao serviço do homem, possa resolver de vez êsse tão irritante problema.

CAPÍTULO II

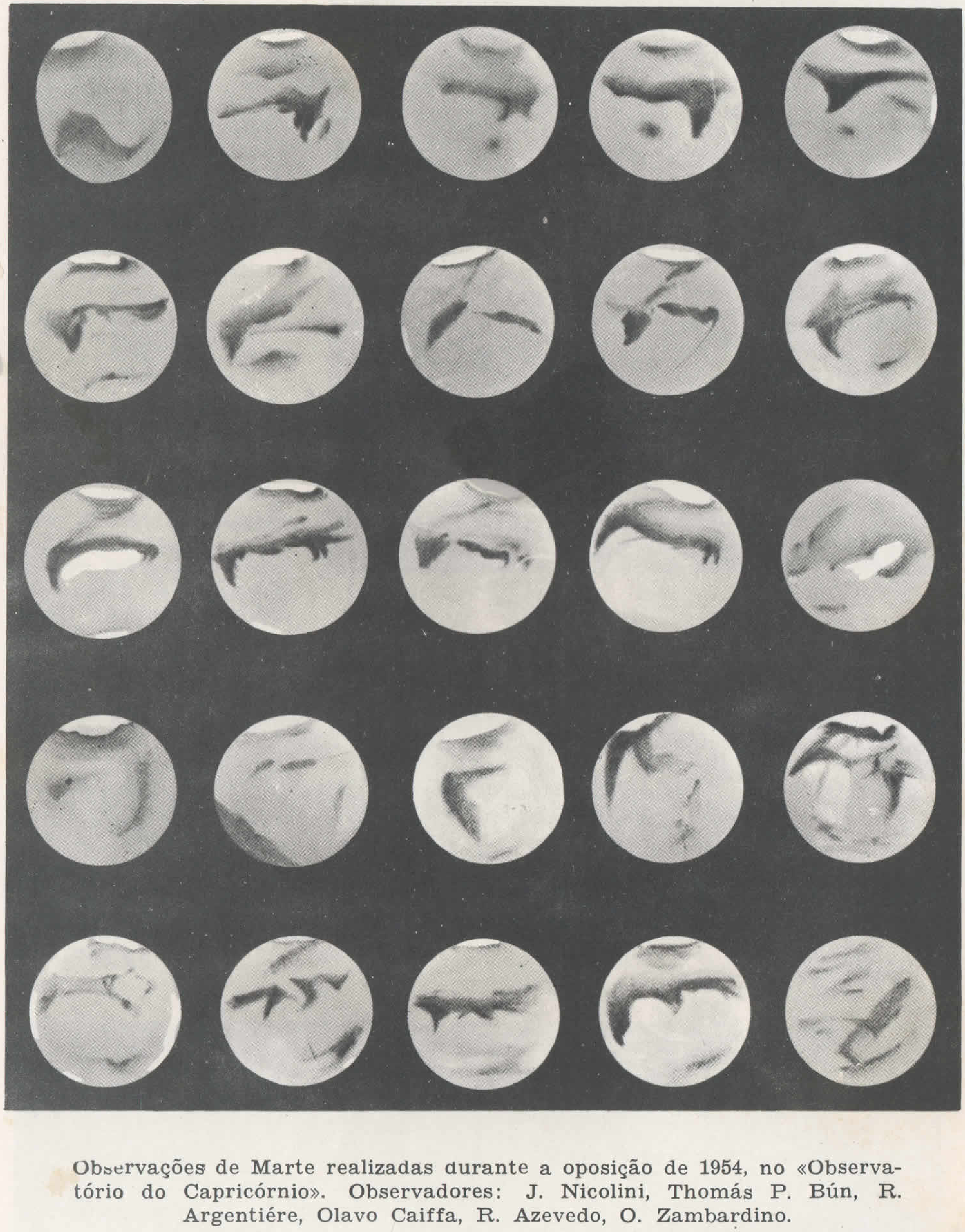
OS GRANDES ENIGMAS

CARACTERÍSTICAS E PARTICULARIDADES MAIS NOTÁVEIS DE MARTE.

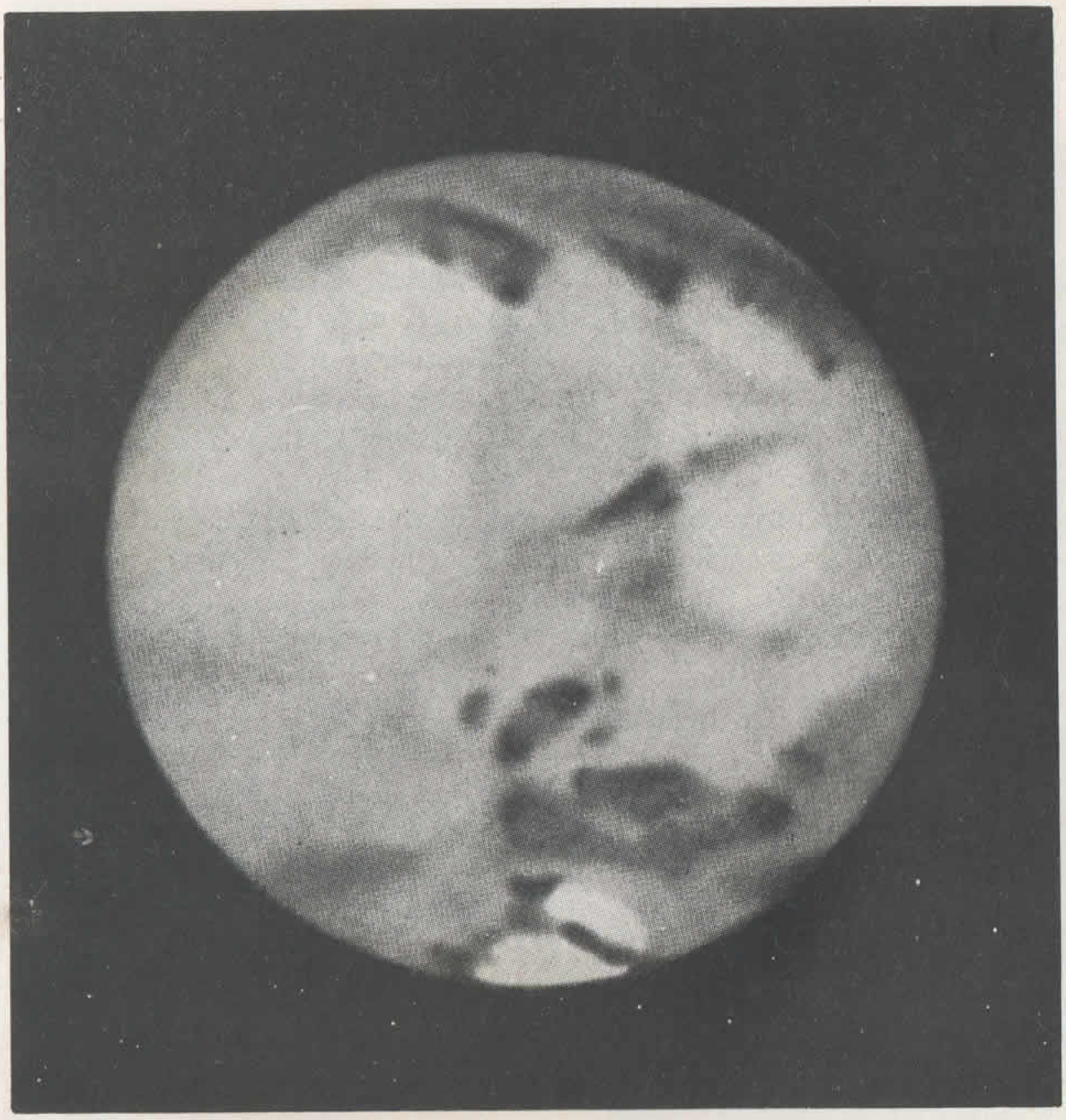
Era nossa intenção a esta altura de nosso estudo descrever, região por região, a "geografia" do planêta ou, como é convencionalmente chamada, a AREOGRAFIA (de "Ares"=Marte).

Embora extremamente útil, mormente para o observador, tal descrição iria, como tivemos oportunidade de constatá-lo, alongar em demasia o texto dêste livro. Foi-nos então sugerido que a citada nomenclatura fôsse publicada em separata a fim de dar independência e, sobretudo, condição de publicação ao presente estudo. Destarte, a areografia ou descrição dos acidentes marcianos será oportunamente publicada constituindo-se um suplemento natural embora especializado desta obra.

Para substituir o citado capítulo, por sinal bastante considerável, decidimos reproduzir na íntegra o estudo que tivemos oportunidade de fazer quando de uma série de conferências pronunciadas em Santos, por ocasião de um curso de Astronomia e Astronáutica que marcou a instalação da Associação de Amadores de Astronomia da referida cidade. Na ocasião, expuzemos, à numerosa assistência, algumas das particularidades e características mais notáveis do planêta. Contudo, forçados por cer-

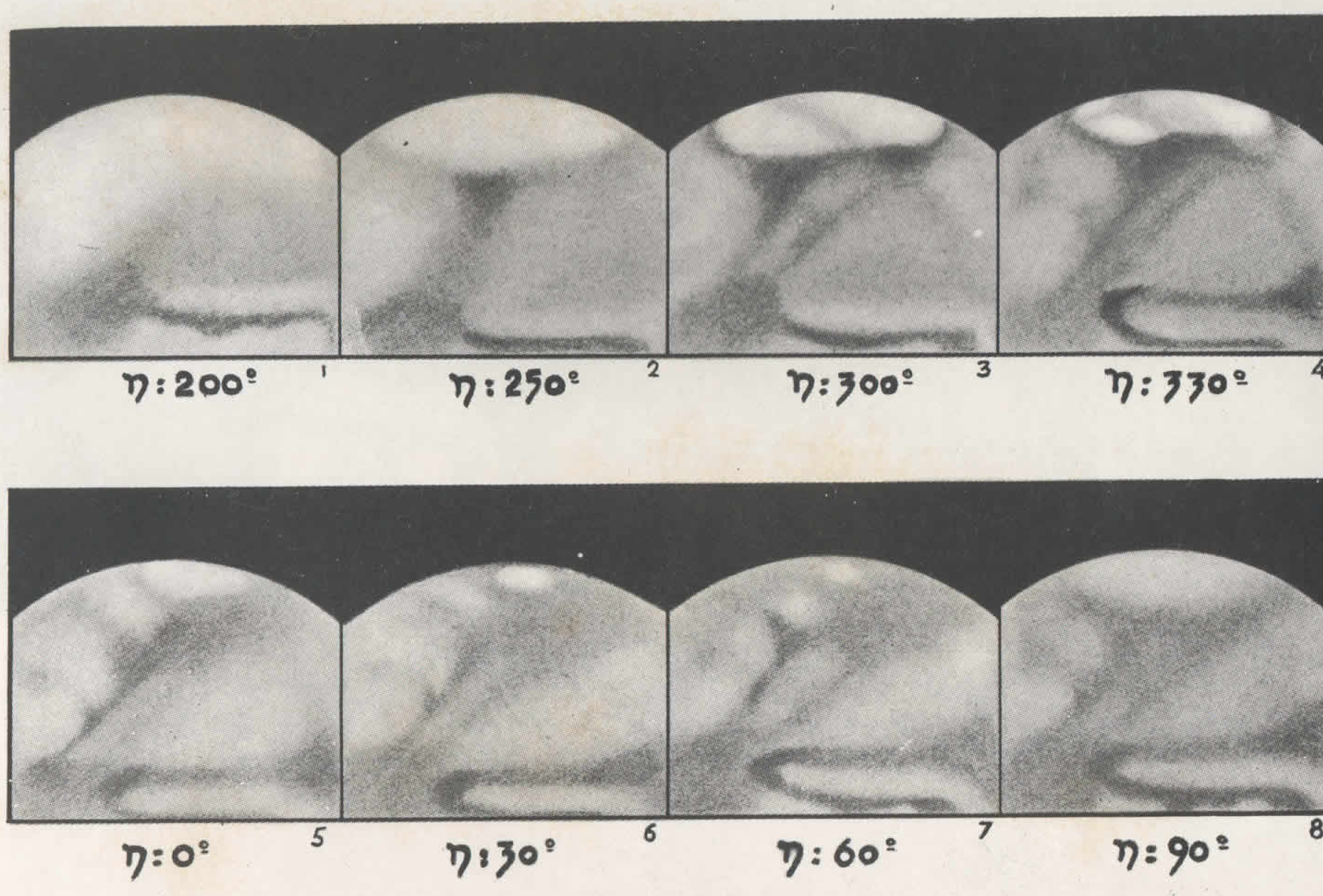


Observações de Marte realizadas durante a oposição de 1954, no «Observatório do Capricórnio». Observadores: J. Nicolini, Thomás P. Bún, R. Argentiére, Olavo Caiffa, R. Azevedo, O. Zambardino.



Um aspecto de Marte em 1945. Desenho obtido por Audouin Dolfus, no Observatório de Pic-du-Midi. Notar a calota polar boreal, visível durante as oposições afélicas.

Abaixo: Mecanismo do «degêlo» marciano. Notar o escurecimento de algumas regiões correspondendo à diminuição das áreas polares. (Vaucouleurs).



PL. II

tas circunstâncias, não tivemos oportunidade de alongar-nos devidamente no estudo dessas particularidades. Isso, na medida do possível, será feito agora, bem entendido quando revelar-se necessário. Vejamos, pois, em que consistem essas particularidades.

NOTA — Alguns tópicos dêste capítulo são comentados com maiores detalhes na parte III do presente volume.

1 — As calotas polares de Marte fundem-se no verão, ampliando-se no inverno — Constitui êsse fenômeno numa das verificações mais comuns de qualquer observador que estudar o planêta. Êsse fato é mesmo uma das particularidades mais objetivas que se tornam visíveis em Marte quando o planêta é acompanhado durante algum tempo, por ocasião de uma oposição por exemplo. Trata-se de um fenômeno típico que, de modo geral, não tem similar em outro planêta do sistema solar. Na Terra, evidentemente, tal fenômeno ocorre também mas em muito menor escala. Pode ser êle acompanhado no pólo Norte (já que o Pólo Sul é constituído de uma região continental de grandes proporções) onde a banquisa polar localiza-se sôbre o próprio oceano. A existência dessa vasta extensão líquida é que, em princípio, impede que a fusão dos gelos existentes decorra de maneira mais evidente. Em Marte, a falta de grandes extensões líquidas não constitui impecilho ao desaparecimento quase que completo dessas calotas de modo que seu desenvolvimento, de uma fase máxima à outra mínima, pode ser acompanhado com relativa facilidade. Bastando para isso observar o planêta nas épocas indicadas. É bem verdade que, com respeito à Terra, as extensões terrestres limítrofes dos polos própriamente ditos ao cobrirem-se, no

inverno, de neve e gêlo, tomam, sobretudo à distância, os aspectos apresentados pelas calotas de Marte. Dessa forma, as vastas extensões siberianas, escandinavas e canadenses amalgamam-se num todo que atinge proporções enormes. Um máximo de extensão é assim obtido e, pudesse seu aspecto ser acompanhado do espaço, à certa distância, muito provàvelmente se assemelharia ao que vemos no nosso vizinho planêta ao telescópio. Com o término da estação fria, à semelhança do que constatamos em Marte, veria nosso hipotético observador, um fenômeno extremamente curioso: de início, a estabilização dos limites máximos das calotas polares; em seguida, o princípio da fase de retrocesso manifestando-se por um recuo, verdadeiro serpentear, da linha demarcatória da calota em si. O fenômeno do degêlo ou de fusão das neves, pondo a descoberto o solo, sob a ação cada vez mais evidente dos raios solares, marcaria de modo indubitável o recuo da calota. Êste, de acôrdo com o suceder da primavera e, a seguir, do verão, iria alcançar proporções de início medianas e por fim mínimas. Tal é o que ocorre em Marte, mas com proporções muito maiores, pois as calotas nesse planêta alcançam mais de 60° de latitude, ou seja, em analogia com a Terra, aquelas de cidades inglesas ou alemãs!

Com respeito ao seu aspecto físico, podemos dizer que essas calotas nunca desaparecem completamente. Embora de proporções bastante reduzidas, podem ser muito bem observadas não obstante suas áreas limitarem-se a extensões de poucos graus areográficos: (*) a bem dizer são os pólos geográficos do planêta que centralizam as calotas. Essas calotas, o que é digno de nota,

(*) 1 grau areográfico = 60 km.

são menos brancas que as terrestres. Atribuem muitos areógrafos a tonalidade apresentada à existência de "impurezas" disseminadas com relativa abundância. Não seria errôneo interpretar estas últimas como bancos de vegetação que, obedecendo ao ciclo evolutivo o que caracteriza a referida tonalidade, fizessem seu aparecimento. Soma-se a essa possibilidade aquela da diferença de níveis e, então, teremos uma explicação bastante satisfatória — à distância — de tais aspectos.

No que tange à importância dessas extensões, os areógrafos estão mais ou menos concordes em admitir que sua espessura não é de todo superior a alguns milímetros no máximo, enquanto alguns centímetros poderiam ser alcançados nos platôs elevados, nas mesetas que, sem dúvida, devem existir em Marte.

Ainda sôbre as calotas é digna de registro a quase-celeuma que por longo tempo manteve a procura de explicação de um fenômeno por assim dizer limítrofe com as mesmas. Referimo-nos à "franja escura" de que falamos alhures. Ainda aqui, mais uma vez, a divergência de opiniões animou de tal maneira o debate que por longo tempo a solução do assunto viu-se prescrita para um futuro incerto. Segundo o muito célebre P. Lowell, a existência de tal "franja escura" comprovava a existência da água "que os engenheiros marcianos encaminhavam aos canais para isso construídos". Embora respeitemos o areógrafo, sobretudo pelo esfôrço desprendido em prol do estudo de Marte, não temos outra alternativa senão de considerar como perfeitamente errônea tal assertiva! Não pela existência da água — naquele mundo — ela existe, muito embora em reduzidas quantidades — mas sim com respeito à habitabilidade (e até a existência de progresso) do planêta que não se

coaduna com o que sabemos a respeito. Mais razoável foi a opinião de Antoniadi, freqüentemente comentado nesta obra, que via nessa constatação apenas "uma ilusão de ótica, uma vez que a mesma não obedece às leis da perspectiva". Lembremos ao leitor que Antoniadi era um emérito desenhista. Via êle no fenômeno apenas um efeito de contraste causado pela brancura da calota polar imediatamente vizinha. Como dissemos, tal explicação é muito mais aceitável, muito mais plausível. Contudo, como estudos mais aprofundados mostraram com o correr do tempo, nem mesmo essa explicação foi considerada inteiramente satisfatória.

Um não menos célebre areógrafo, sucessor de Antoniadi na difícil arte de observar os planêtas, e que, note-se, parece ter estabelecido uma espécie de "status quo" entre "canalistas" e "anticanalistas", evidenciou um fato que, muito provàvelmente, escapara à maioria dos observadores de Marte. De fato, G. Fournier, pois é dêle que se trata, chamou a atenção para o fato que a "franja escura" varia de intensidade em todo seu percurso chegando mesmo a ser por vêzes observada mesmo através de nuvens! Pessoalmente, em nossas observações no "Capricórnio", verificamos freqüentemente tal ocorrência no que respeita à variação de intensidade. Tal variação era particularmente visível por ocasião do retrocesso da calota (austral), ou seja da primavera para o verão marciano. Nessas ocasiões, a franja escura revelava-se nítida, contrastando não só com a pequenez da calota em si mas, o que é digno de nota, com a tonalidade das regiões imediatamente limítrofes geralmente de colorido muito diferente.

Desta forma, restringindo-nos ao problema das calotas polares de Marte, podemos dizer que, muito embora

ocorra na Terra, nas proporções conhecidas, um avanço e um recuo das extensões geladas que delimitam os polos, trata-se de um fenômeno especìficamente marciano, característico por assim dizer daquele mundo.

2 — **Faixa rosada envolvendo o globo do planeta** — São as regiões por ela abrangida que dão, em conjunto, o colorido clássico a Marte. Não se trata no sentido da palavra de uma diferença possível de existir entre os dois planêtas. Muitos observadores compararam êsse aspecto àquele apresentado pela Terra no que diz respeito às regiões compreendidas pelos vastos desertos que vão do Saara ao Gobi, o que é bastante razoável. No nosso modo de ver, porém, a diferença apresentada diz mais respeito à superfície coberta por essa área em função do planêta. Embora vasta na Terra a citada área abrangida, verdadeiro "anel rosado", em Marte as dimensões são muito mais imponentes, uma vez que são responsáveis pela tonalidade desse mundo, sobretudo a ôlho desarmado já que ao telescópio a intensidade reduz-se bastante.

É de se lamentar que, no Brasil, ao representar-se o planisfério de Marte reproduza-se o que é feito na grande maioria de publicações estrangeiras, isto é, em clichês preto e branco, sem vida. Um colega de observatório Rubens de Azevedo, muito a propósito, evidenciou, não há muito, a necessidade de se modificar êsse estado de coisas executando um grande mapa aerográfico baseado em sua maior parte na padronização geralmente aceita por grande número de observadores. O que é digno de nota nesse mapa é o que diz respeito ao colorido; essa particularidade, que à primeira vista pode ser julgada pelo menos avisado como arbitrária, condiz muito bem

com o aspecto generalizado que Marte apresenta a um ôlho treinado de observador. Num relance nota-se, contudo, que as regiões rosadas — ou sejam os "desertos" — levam a palma no que diz respeito à extensão coberta. Deduz-se de imediato que é êste o estado geral do planêta, seu fundo digamos assim, enquanto que as áreas diversamente coloridas, mas com forte predominância do verde (ou matizes relacionados com esta côr) constituem variações dessa côr. Isso é fàcilmente deduzido pelo fato dessas áreas rosadas representarem elas sòzinhas as 3/4.as da superfície total de Marte. Deve-se, contudo, notar que tal aspecto não é uniforme, ou seja de um colorido único. Há nuances bastante variadas ou mesmo variáveis. O observador que disponha de instrumento modesto evidentemente verá uma continuidade monótona (salvo no que diz respeito às grandes modificações que por vêzes surgem); tal, porém, não acontece com aquêle armado com instrumento de abertura relativamente importante. Recordamo-nos, em 1952 e também em 1954, quando dispunhamos de um modesto 150 mm (refletor) que o planêta se revelava rosado em suas grandes extensões (exceção feita às áreas sombrias) sem apresentar qualquer variação de matiz. Nas oposições subseqüentes — e mesmo em 1954, quando utilizamos um 250 mm, "longo foco"=(F/d=10) essas mesmas regiões já não revelavam a mesma continuidade em matéria de colorido: notavam-se o rosa escuro, o pardacento claro ou mesmo o branco. O 300 mm empregado em 1956 e 1958 confirmou não poucas vêzes essas observações.

Alguns observadores quiseram ver nessas extensões o mesmo que ocorre aqui na Terra. De fato, os vastos desertos, que de certo modo se estendem do Saara à Níbia, com passagem pela Líbia, poderiam dar uma pá-

lida idéia do que ocorre realmente em Marte. Não há exagêro nenhum em dizer-se que as áreas areográficas limitadas pelos meridianos 180 e 290, sòmente no que diz respeito à zona equatorial e limítrofe desta (sem contar com aquelas das regiões temperadas), são pelo menos 10 vêzes mais vastas que os citados desertos terrestres. Trata-se, como se vê, de regiões celebérrimas; existem outras, porém, e não menos importantes. Contudo, mesmo se somarmos suas áreas — de desertos e semi-desertos —, as proporções ainda serão favoráveis à Marte. Dessa forma, as vastas áreas da Austrália (Deserto Australiano); da América do Norte (desertos e semi-desertos); da América do Sul (de Sechura, no Perú; de Atacama, no Chile, da Patagônia); da África (de Calaari, na província do Cabo), e por fim da Ásia, (as estepes asiáticas), representam menor proporção quando comparadas com as áreas desérticas de Marte.

Deve-se notar, por outra forma, que essas extensões apresentam de tempos a tempos variações de aspectos de detalhes verdadeiramente dignos de nota e que, a "grosso modo", não têm similar nas regiões terrestres há pouco mencionadas. Referimo-nos àquilo que poderíamos classificar de "escurecimento temporário" constatado não poucas vêzes em alguns desses desertos. Um dêles, HELLAS, em 1892, revelou particularidades de características notáveis a êsse respeito. Flammarion, o célebre astrônomo de Juvisy, descobriu fenômeno semelhante, e de natureza periódica, em PANDORAE FRETUM. Evidentemente, não foram poucas as suposições decorrentes acêrca dessas constatações: a questão de uma hipotética vegetação logo veio à baila. Como já sabemos, tal possibilidade é perfeitamente plausível, embora tal possibilidade seja mais típica das regiões escuras. Para isso

constatar basta confrontar as observações que essa região, entre outras, proporcionou a Antoniadi nos anos de 1911, 1926 e 1928. A explicação de tal comportamento vê-se, confessamo-lo, limitada às mais variadas conjecturas. Talvez uma vegetação, rústica por excelência, e em constante luta com a aridez do solo, desenvolve-se tomando aspectos os mais diversos e desconhecidos; por outra, poderiam ocorrer ali modificações de ordem estrutural no que diz respeito à superfície do solo, reagindo de modo particular às ações da luz solar filtrada através de uma atmosfera em extremo rarefeita... Como se vê, ainda estamos longe de encontrar a solução para um dos muitos enigmas que Marte apresenta!

3 — **As áreas pardo-esverdeadas** — São essas regiões que, por excelência, deram desde o advento da areografia a já tradicional celebridade que o planêta possui. Embora cubram apenas a terça parte restante da área total dêsse mundo, são ao extremo características, não tendo mesmo qualquer similar em outro membro da família solar. Desde cedo tais regiões viram-se alcunhadas de "mares". Tempo houve, como nos princípios do século XVII° (Fontana), em que se acreditou que êsses aspectos não passavam de defeitos instrumentais ou mesmo de alucinações dos observadores. Como os tempos mudaram! Hoje em dia, qualquer observador amador ou não, pode constatar (o que depende da abertura do instrumento utilizado) êsses misteriosos aspectos que Marte oferece. Já não se trata, como sabemos há muito, de ilusão de ótica mas, sim, de um aspecto real que o planêta revela. Um maior ou menor número de detalhes pode se ver reproduzido pelo mais modesto observador, que pode dentro de limites impostos pelo seu instrumen-

to, delinear com relativa abundância de detalhes os contornos dessas regiões sombrias.

No que diz respeito a esse colorido já sabemos a grande importância que esse aspecto da areografia alcançou através dos anos. Tivemos, nos capítulos anteriores, inúmeras ocasiões de realçar essa importancia. Admite-se, em princípio, que de modo geral essas extensões sombrias poderiam muito bem ser depressões. O colorido é verde ou mesmo azul. Aqui também, note-se, a abertura instrumental desempenha importante papel. São conhecidas as conclusões de grandes observadores de Marte depois de terem empregado poderosos instrumentos. Enquanto que êstes tornam possivel a detecção de matizes singulares, as pequenas ou mesmo medianas aberturas tendem a mascarar a estes ultimos. Tal particularidade seria mais notória através dos refratores.

O grande especialista de Marte Antoniadi foi um dos primeiros que estudaram a fundo a importância que o aspecto do colorido tinha para o estudo do planêta. Após varias oposições favoráveis e em que utilisou em maior número de vêzes com excepcional rendimento o grande refrator do observatório de Meudon (83 cm de abertura), pôde êle concluir que "a grande maioria da manchas, que são verdes na primavera, passam ao pardo-violáceo durante o verão ou o outono de cada hemisfério, apresentando assim e *exatamente* o colorido mutante das fôlhas de nossas árvores". Isso é verídico já que, dentro de certos limites, é possivel acompanhar quase que dia por dia a sequência do fenômeno. Já no meio do verão algumas manchas esverdeadas sofrem modificação no seu aspecto, passando ao verde-pardo, depois ao chocolate. Também as extensões azuladas (algumas são mes-

mo arroxeadas), vizinhas do equador, tendem a sofrer a mesma modificação.

No inicio dessas constatações, em meio da segunda metade do ultimo século, houve quase que um pessimismo generalizado acêrca da veracidade desse fenômeno. Da grande maioria dos astrônomos que na época se voltavam ao estudo de Marte, sòmente dois dêles é que o consideraram verídico. Foram êles o já mencionado Flammarion — que em 1876 já considerava como reais as grandes extensões verdes — e, mais tarde, Liais, a quem, embora menos conhecido, devemos ver com particular simpatia uma vez que realizou importantes trabalhos astronômicos no nosso país. Êsses dois astrônomos admitiram a existencia de uma vegetação que "à semelhança da nossa, verde na primavera, passaria, naturalmente, com a chegada do outono, ao pardo-amarelado, ou seja o colorido das folhas mortas". A solução do enigma foi, em principio, como se sabe, dada por Douglass, astrônomo americano, e o já referido Antoniadi.

A conclusão geral não se fêz esperar: Os mares marcianos não são... mares, mas, sim, extensões terrestres, já que variações tão pronunciadas não poderiam ter lugar se os chamados "mares" contivessem água. "Seria, como o diz pitorescamente Rousseau, como se o Atlantico, verde-esmeralda na Páscoa, passasse ao café-com-leite nos Finados..." De um golpe, a velha crença da existencia de mares, ou mesmo de oceanos, em Marte, caiu, esboroando-se: com toda a probabilidade não se deve admitir a existência de pequenos mares interiores, limitando-se a existência dêsse precioso líquido a pequenos lagos ou mesmo charcos.

A situação era mais ou menos essa no que diz respeito à vegetação marciana: êsse mundo via-se coberto,

em suas regiões verdes, à semelhança da Terra, de extensões florestais onde árvores e arbustos predominavam sôbre a erva. Na realidade as coisas não se passam tão fàcilmente. Tal suposição facilitaria em demasia a solução do problema. Infelizmente, com o advento dos meios astrofísicos que puseram a nu a situação de importante faceta do problema marciano — a constituição da atmosfera — chegou-se rapidamente à conclusão de que uma vegetação arbustiva não poderia subsistir em Marte. A carencia de gases, já o sabemos, que normalmente ocorrem em abundancia na atmosfera terrestre, é um sério "handicap" ao desenvolvimento, ou mesmo à existencia, de uma vegetação, não queremos dizer superior (pois ainda existe a errônea suposição de que os musgos e os líquens constituem uma classe inferior do reino vegetal) mas de grande porte. A não ser que se admita uma forma de adaptação toda especial às condições extremamente áridas do planeta, ou então que essa verdejante vegetação se veja alimentada por regatos subterrâneos, é extremamente difícil encontrar-se uma solução satisfatória para um tal enigma. A mais natural suposição é que êsse tipo de vegetação, ou seja de grande porte, arbustiva, *não exista no sentido da palavra!* Dir-se-á, muito provàvelmente, que uma tal negativa é algo peremptória, arriscada mesmo. Não é de se afastar tal hipotese. Contudo o estado generalizado do planêta, as condições particulares de sua atmosfera, a raridade, ou mesmo a inexistência de componentes que, diga-se de passagem, podem ser apontados como os responsáveis diretos pelo aparecimento e manutenção de uma flora exuberante, são de ordem a decidir-nos por essa hipótese. Repare-se que apesar de tudo formas de vegetação podem ocorrer sob essas condições aparentemente inóspi-

tas. As tendências inatas dos "extremistas" de que a vida poderia existir e manifestar-se à larga num mundo sob tais condições chocam-se com a argumentação de ordem biológica em que se vê que a vida, para manifestar-se, exige condições e normas de cujo âmbito não se pode sair. Com Marte, embora alguns fatores nos indiquem que as condições reinantes à sua superfície não são de todo propícias à manifestação generalizada da vida, não se pode, felizmente, optar pela negativa. Pelo contrário, e ao que tudo indica (as ultimas pesquisas espectroscópicas de Sinton comprovam-no) a vida vegetal tem lugar nesse planêta não obstante, pelo que se crê, assemelhar-se àquela das tundras ou das regiões árticas. É, convenhamos, um grande tento! Contentemonos, pois, até que novas conquistas da técnica venham corroborar a opinião dos pessimistas ou (oxalá!) o ponto de vista dos otimistas! Voltemos, porém, ao mecanismo que rege as modificações constatadas nessas regiões escuras.

Houve autores, entre êles o abade Moreux, que quiseram ver nesas mudanças fenômeno semelhante àquele que ocorre na Terra. No nosso planêta, se pudessemos abarcá-lo à distancia, e, na época da primavera, veríamos que uma região esverdeada faria seu aparecimento na zona equatorial e, com o correr da estação, sob forma de onda, projeta-se para o norte, atingindo as regiões árticas em cêrca de cem dias (velocidade de 75/80 km por dia). O mesmo autor lembra, de outro modo, que em Marte o mesmo tem lugar, mas no sentido inverso: é do polo que a onda escura parte rumo às regiões equatoriais. Vêem-se então, o que é espetacular, extensões de superficies variáveis, de início isoladas, e, em seguida, ligando-se umas às outras, mas tôdas verdes ou com ma-

tizes variaveis desta ultima côr. Isso, dentro de certos limites, foi por nós constatado durante as ultimas oposições com maior ou menor intensidade. É ao elo que parece servir de ligame a essas regiões que se deu o nome de "canais" (muito embora muitos dêsses detalhes sejam constatados nas regiões desérticas, ou claras) ; essas extensões esverdeadas, ao alcançarem proporções importantes, viram-se batizadas desde cedo de "mares". Prosseguindo em direção ao equador a "vaga verde" atinge o paralelo máximo em cerca de 52 dias, à razão de 80 km em cada 24 horas. Há, pois, grande analogia com o que ocorre na Terra. Para esta última, a explicação é facil, pois a água é abundante em todas as latitudes. Em Marte, tal não ocorre. O pouco de água existente limita-se às áreas polares, ou às calotas para sermos mais exatos. Quis-se ver em tal situação a possibilidade de se ver explicado curioso fenômeno de escurecimento de grandes regiões enquanto as calotas sofriam a ação dos raios caloríficos solares. De fato, à medida que estas se vêm reduzidas em suas proporções o grau de escurecimento das citadas regiões aumenta de maneira notavel. Todavia, os estudos espectroscópicos e polarimétricos das calotas de Marte, embora tendam a admitir que as mesmas sejam constituidas de neve ou, melhor talvez, de gêlo (e assim mesmo de poucos centímetros de espessura) não se mostraram favoraveis à aceitação de que grandes volumes de água pudessem ser responsabilizados pela irrigação constatada! Um fator importante, para mencionar apenas um, o do achatamento polar — o que obrigaria a água subir um nivel mais elevado. E depois, essa água, evaporando-se, deixaria vestigios na atmosfera, *o que nunca foi constatado.* É mais indicado, pois, admitir com Vaucouleurs, que um fenômeno de *su-*

blimação (passagem direta da água em estado sólido para o gasoso) tem lugar em certas épocas do ano com as calotas de Marte. Infelizmente, num estudo algo superficial como o presente, é dificil senão impróprio entrar nos detalhes que as luzes dos resultados astrofísicos corroboram ou contestam. Basta ao leitor, porém, admitir a pouca existencia do elemento líquido à superfície dêsse mundo para ter diante de si a complexidade do mecanismo que parece reger as mudanças de aspectos que o mesmo apresenta.

Em nosso mais avançado estudo a respeito das mutações experimentadas por diversas regiões marcianas, expusemos com relativa abundância de detalhes as particularidades que se viram constatadas pelos maiores areógrafos durante seu estudo. Assim é que, para exemplificar apenas, SOLIS LACUS, foi uma das regiões do planêta que sofreram maior número de modificações. De 1865 a 1935, data do período registrado, constatou-se que (em 1926) tomara uma notavel tonalidade esmeralda, recurvando-se para nordeste. Isso é particularmente curioso pois, como sabemos, foi visto oval e sombrío durante grande parte da segunda metade do século passado. Já em 1933, voltou êle ao seu aspecto anterior, "mas muito pálido, e côr de azeitona, ou seja um fantasma de si-próprio". (Antoniadi.) Já em 1935, voltou a apresentar-se "sombrio, de um cinza-esverdeado, e orientado como no século passado" (Antoniadi). Como se pode ver, êsse simples exemplo é suficiente para dar uma idéia da importância que essas regiões sombrías ocupam no estudo do planêta.

4 — **Ausência de altas montanhas em Marte** — Sabe o leitor qual a razão que nos permite conhecer o

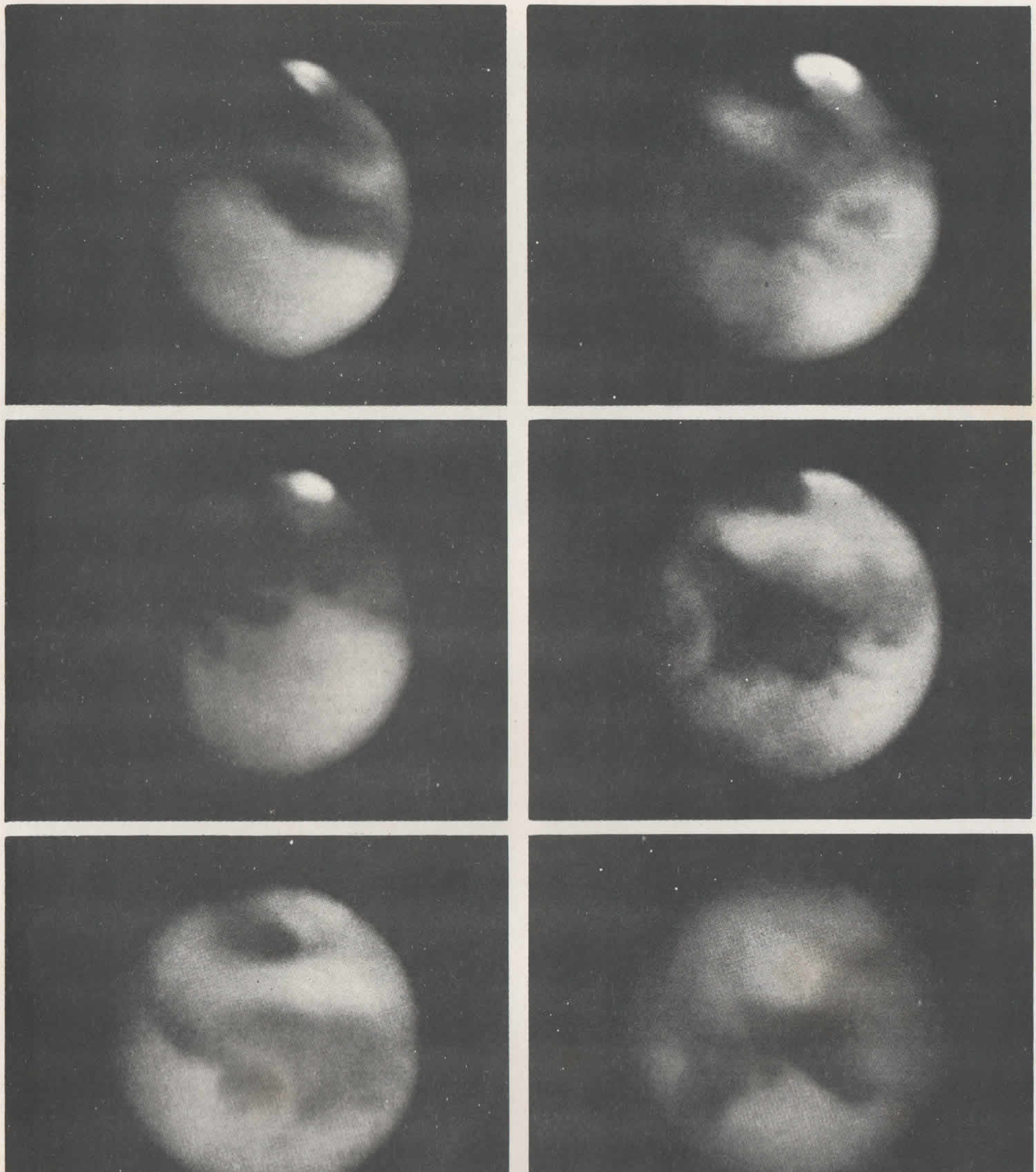
relêvo lunar com a riqueza de detalhes que já se tornou clássica? E como é que, pela mesma razão, podemos avaliar e mesmo medir a altitude das montanhas que existem no nosso satélite? Sem dúvida terá adivinhado: é o Sol! De fato, os detalhes lunares são vistos com grande exatidão ùnicamente quando a Lua se encontra nas proximidades do crescente ou do minguante (tais fases incluídas) pelo fato do Sol iluminá-la de lado. Dessa forma, a menor das asperidades, o mais ínfimo dos detalhes é visto com abundância maior ou menor de particularidades, em virtude da projeção de grandes sombras. Sem tomarmos a Lua como exemplo, podemos constatar isso em qualquer ocasião aqui na Terra, bastando que haja o Sol acima do horizonte: qualquer objeto opaco projetará sombra cujo comprimento varia com a posição do Sol no céu.

Podemos empregar o mesmo processo na avaliação do relêvo de Marte. Contudo, como não poderia deixar de ser, a constatação é muito difícil: trata-se de observar um astro, pequeno, mais longe que a Lua cêrca de 150 vêzes.

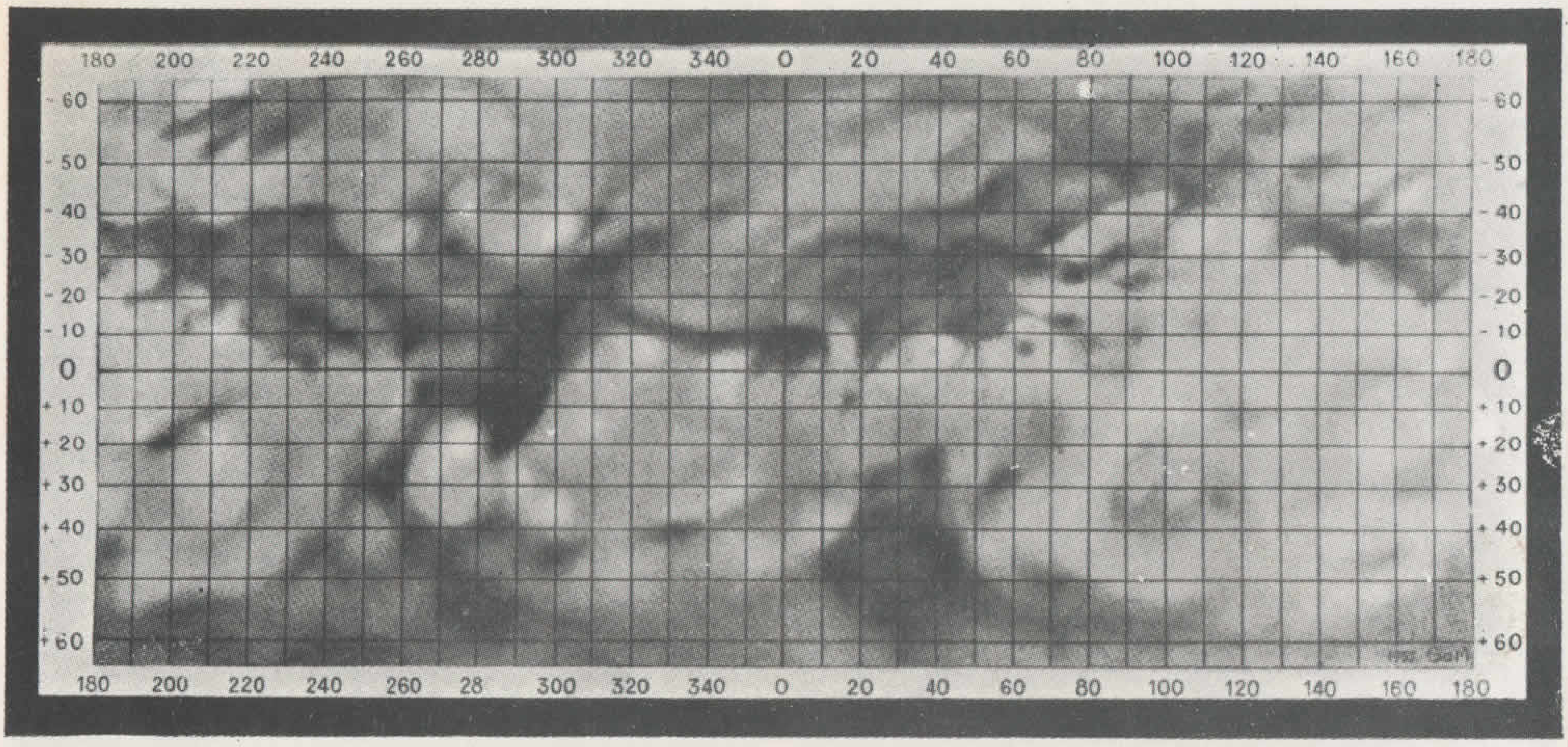
Surge necessàriamente a pergunta a respeito da existência ou não de montanhas em Marte. A êsse respeito, desde já podemos dizê-lo, os astronômos, e particularmente os areógrafos, não têm opinião decididamente formada. Baseados na experiência acima acêrca do papel da luz solar na identificação de detalhes lunares, se por extrapolação, admitirmos idêntico comportamento do astro do dia no relêvo de Marte, constataremos sob a ação dos raios rasantes do Sol, o terminador (*) marciano nunca apresentou asperidades passíveis de

(*) Linha de separação entre a região iluminada e a região escura da Lua ou de um planêta.

serem atribuídas à montanhas ou cadeias de montanhas. Nas ocasiões em que o planêta se apresenta em "fase" (como a Lua antes e depois da "lua cheia"), o que ocorre antes e depois da oposição, tais particularidades não foram ainda vistas ou se o foram não puderam, por motivos inúmeros e vários, ser atribuídas à presença de relêvo local. Quando falamos em relêvo, referimos-nos a "terras elevadas". Seria um absurdo admitir-se a não existência de elevações, colinas ou altiplanos num mundo como Marte! Maiores altitudes, picos escarpados, já se afiguram mais difíceis. Para isso justificar vem à baila um argumento de ordem cosmogônica e que diz respeito à idade do planêta. Segundo tal suposição, Marte, sendo mais velho do que a Terra, sofreu durante muito mais tempo também os efeitos destruidores (e também construtores) da erosão em suas mais características formas (eólica, ou dos ventos, sobretudo), de modo que, desde milhões e milhões de anos, os antigos picos agrestes, por fôrça do constante atrito, perderam sua agressividade e com ela sua altura; as torrentes de antigos rios (e sem dúvida deve tê-los tido) desgastaram as margens, enquanto que terras de aluvião aterraram seus deltas e embocaduras. O mesmo pode ser dito das falésias que com o tempo desapareceram, de mares e lagos para sempre desconhecidos. Através dos milhões de anos o relêvo foi se nivelando, o que foi conseguido baixando-se as alturas das montanhas e aterrando-se os vales. Dessa forma, ao que tudo indica, é extremamente duvidoso que altas montanhas ainda subsistem em Marte. Aqui, também, apressemo-nos em abrir uma ressalva: se não existem Himalaias ou pelo menos Aconcáguas, devem existir altiplanos que se destacam sôbre o relêvo ordinário do planêta. Se-



Fotografias tomadas por Slipher em Blonfontein (África do Sul), durante a oposição de 1956.



Acidalium Mare (30°, +45°)
Aeolis (215°, −5°)
Aeria (310°, +10°)
Aetheria (230°, +40°)
Aethiopis (230°, +10°)
Amazonis (140°, 0°)
Amenthes (250°, +5°)
Aonius Sinus (105°, −45°)
Arabia (330°, +20°)
Araxes (115°, −25°)
Arcadia (100°, +45°)
Argyre (25°, −45°)
Arnon (335°, +48°)
Aurorae Sinus (50°, −15°)
Ausonia (250°, −40°)
Australe Mare (40°, −60°)
Baltia (50°, +60°)
Boreosyrtis (290°, +55°)
Boreum Mare (90°, +50°)
Candor (75°, +3°)
Casius (260°, +40°)
Cebrenia (210°, +50°)
Cecropia (320°, +60°)
Ceraunius (95°, +20°)
Cerberus (205°, +15°)
Chalce (0°, −50°)
Chersonesus (260°, −50°)
Chronium Mare (210°, −58°)
Chryse (30°, +10°)
Chrysokeras (110°, −50°)
Cimmerium Mare (220°, −20°)
Claritas (110°, −35°)
Copais Palus (280°, +55°)
Coprates (65°, −15°)
Cyclopia (230°, −5°)
Cydonia (0°, +40°)
Deltoton Sinus (305°, −4°)
Deucalionis Regio (340°, −15°)
Deuteronilus (0°, +35°)
Diacria (180°, +50°)
Dioscuria (320°, +50°)
Edom (345°, 0°)
Electris (190°, −45°)
Elysium (210°, +25°)
Eridania (220°, −45°)
Erythraeum Mare (40°, −25°)
Eunostos (220°, +22°)
Euphrates (335°, +20°)
Gehon (0°, +15°)
Hadriacum Mare (270°, −40°)
Hellas (290°, −40°)
Hellespontica Depressio (340° −6°)
Hellespontus (325°, −50°)
Hesperia (240°, −20°)
Hiddekel (345°, +15°)
Hyperboreus Lacus (60°, +75°)
Iapygia (295°, −20°)
Icaria (130°, −40°)
Isidis Regio (275°, +20°)
Ismenius Lacus (330°, +40°)
Jamuna (40°, +10°)
Juventae Fons (63°, −5°)
Laestrygon (200°, 0°)
Lemuria (200°, +70°)
Libya (270°, 0°)
Lunae Lacus (65°, +15°)
Margaritifer Sinus (25°, −10°)
Memnonia (150°, −20°)
Meroe (285°, +35°)
Meridiani Sinus (0°, −5°)
Moab (350°, +20°)
Moeris Lacus (270°, +8°)
Nectar (72°, −28°)
Neith Regio (270°, +35°)
Nepenthes (260°, +20°)
Nereidum Fretum (55°, −45°)
Niliacus Lacus (30°, +30°)
Nilokeras (55°, +30°)
Nilosyrtis (290°, +42°)
Nix Olympica (130°, +20°)
Noachis (330°, −45°)
Ogygis Regio (65°, −45°)
Olympia (200°, +80°)
Ophir (65°, −10°)
Ortygia (0°, +60°)
Oxia Palus (18°, +8°)
Oxus (10°, +20°)
Panchaia (200°, +60°)
Pandorae Fretum (340°, −25°)
Phaethontis (155°, −50°)
Phison (320°, +20°)
Phlegra (190°, +30°)
Phoenicis Lacus (110°, −12°)
Phrixi Regio (70°, −40°)
Promethei Sinus (280°, −65°)
Propontis (185°, +45°)
Protei Regio (50°, −23°)
Protonilus (315°, +42°)
Pyrrhae Regio (38°, −15°)
Sabaeus Sinus (340°, −8°)
Scandia (150°, +60°)
Serpentis Mare (320°, −30°)
Sinai (70°, −20°)
Sirenum Mare (155°, −30°)
Sithonius Lacus (245°, +45°)
Solis Lacus (90°, −28°)
Styx (200°, +30°)
Syria (100°, −20°)
Syrtis Major (290°, +10°)
Tanais (70°, +50°)
Tempe (70°, +40°)
Thaumasia (85°, −35°)
Thoth (255°, +30°)
Thyle I (180°, −70°)
Thyle II (230°, −70°)
Thymiamata (10°, +10°)
Tithonius Lacus (85°, −5°)
Tractus Albus (80°, +30°)
Trinacria (268°, −25°)
Trivium Charontis (198°, +20°)
Tyrrhenum Mare (255°, −20°)
Uchronia (260°, +70°)
Umbra (290°, +50°)
Utopia (250°, +50°)
Vulcani Pelagus (15°, −35°)
Xanthe (50°, +10°)
Yaonis Regio (320°, −40°)
Zephyria (195°, 0°)

Mapa de Marte realizado por G. de Mottoni, com as coordenadas areográficas e acompanhado da nomenclatura adotada oficialmente pela I. A. U.

gundo Antoniadi, certas extensões irregulares, indo do Norte ao Sul até os chamados "mares" equatoriais parecem indicar diferenças de altitudes ou mesmo bacias de antigos rios. De outro modo, como tivemos oportunidade de entrever (sem muita nitidez, porém) certas regiões polares cobertas de neve tardam em ver a fusão dos mantos que as cobrem. Uma delas, *Olympia*, bastante próxima do polo Norte, apresenta tal particularidade; sem dúvida, trata-se de elevados chapadões em que a altitude protege as neves ali depositadas.

Falando-se de montanhas vem à baila a questão da atividade vulcânica, tão comum aqui na Terra. Nunca foi visto fenômeno que pudesse testemunhar a existência de um sistema vulcânico em Marte. Contudo, ao estudar os sistemas de ventos que ali têm lugar Laughins, astrônomo americano, aventou que cinzas vulcânicas, carregadas pelas correntes aéreas poderiam explicar os múltiplos aspectos tomados por certas regiões do planêta. Tal hipótese, pelo que se sabe, não tem tido boa aceitação entre os areógrafos.

5 — **Ausência de mares ou mesmo de lagos** — Cremos que as razões dadas nos tópicos (3) e (4) bastam por si sós para explicar a ausência dessas extensões de água no planêta. Vejamos, porém, se podemos reunir alguns dados suscetíveis de interesar o leitor pelo problema. Diga-se, contudo, de passagem que a questão da existência do elemento líquido à superfície de Marte é uma das mais complexas de todo o estudo do planêta. Vejamos, pois, alguns dados suscetíveis de trazerem alguma luz acêrca dêsse problema. Trata-se de algumas notas a respeito da *pressão atmosférica* existente naquele mundo. Até bem pouco êsse importantíssimo elemento

permaneceu reduzido à mera hipótese. Há cêrca de vinte e poucos anos, contudo, o nascimento de uma série de experiências deu ao mesmo o que poderíamos considerar uma base experimental. Nessas experiências, os métodos astrofísicos (que passaram a estudar certas propriedades luminosas da atmosfera, responsável por grande parte na interpretação de fenômenos de difusão) revelaram de pronto um campo de pesquisas suscetível de proporcionar notáveis resultados.

Evidentemente, os resultados obtidos carecem ainda de melhor confirmação já que tomados individualmente são ainda bastante incertos. Assim é o que ocorre com respeito à *pressão atmosférica* no nível do solo. Todavia, os resultados obtidos por Vaucouleurs, (em 1945), Dolfuss (1948), Hess (1948), são de ordem a revelar uma média bastante aceitável: 60 a 70 milímetros de mercúrio, ou cêrca de 1/10 daquela existente na Terra. Tal resultado, como o indica Vaucouleurs, é de ordem a *permitir a existência da água no estado líquido em Marte.*

De outro modo é extremamente curiosa a relação feita "a priori", e sem forçar qualquer possível analogia, entre o colorido das manchas escuras e as variações periódicas das calotas polares. Ocorre um desenvolvimento, se podemos dizer assim, durante a primavera, de uma faixa parda que ràpidamente se estende para o equador do planêta, forçando as tonalidades cinzentas, azuladas ou esverdeadas que encontrar pelo caminho a mudarem-se para o pardo, marrom, ou ainda arroxeado ou carminado. No cômputo essas regiões, como já o fizera ver Antoniadi, revelam "diversidade de constituição". Salvo no que pode ocorrer com certas extensões, a maioria das manchas sofre como conseqüência

uma mudança de côr desde o verão. Grande número de observadores pode então constatar que *algo, de grande extensão, toma forma, tem orígem na zona polar*, propagando-se em seguida por tôdas as direções ocasionando modificações de monta nas regiões sombrias. Ocorrem então a êsses mesmos observadores um sem número de suposições a fim de explicar as razões de tais fenômenos. Para alguns (Fournier) trata-se de água carregada por ação capilar, por porosidade, enquanto que para outros (Lowell) a mesma se vê deslocada por meios artifìciais. Outros ainda (Vaucouleurs) vêm aí uma ação de ordem *atmosférica*, sob forma de vapôres invisíveis, ou seja por difusão. Como pode ver o leitor, a questão da existência da água em Marte, (muito embora ela possa existir sob forma líquida) é de difícil solução. Não há mais dúvidas sôbre a inexistência de grandes extensões líquidas: resta saber qual o papel que a água, por reduzida que seja sua existência, desempenha em Marte. A nosso ver, estamos inclinados a admitir a última das suposições no que respeita ao mecanismo responsável pelos aspectos que as manchas escuras do planêta tomam periòdicamente. Contudo, trata-se apenas de suposições (baseadas em métodos astrofísicos, repare o leitor!) que no devido tempo poderão confirmar-se ou ser contestadas.

6 — **Atmosfera considerável** — Para expor de maneira satisfatória e em detalhe os problemas relativos à atmosfera de Marte um volume de grandes proporções seria necessário. Dessa maneira, forçados pelas circunstâncias, limitar-nos-emos às facetas mais importantes que essa atmosfera apresenta. De início a questão

de sua existência. Não há mais dúvidas a êsse respeito já que desde longa data foi ela reconhecida pelos primeiros observadores. A seqüência pràticamente infinita de observações pôde não só registrar a ocorrência de particularidades inerentes à mesma como também identificar a sua natureza característica. Para não irmos muito longe basta lembrar que sòmente a existência de calotas polares é prova evidente de que existe uma atmosfera em Marte. Quanto ao aspecto que primeiro chama a atenção do observador é que a mesma deve ser extremamente diafana pois as regiões escuras são vistas tão nítidas nos bordos do planêta como quando se encontram no seu centro. Trata-se, note o leitor, de uma característica de suma importância pois é ela que permitiu o conhecimento generalizado do planêta! De um exame superficial pode-se também deduzir que essa atmosfera não deve ser muito espessa. Consta nos anais areográficos que só um observador — Madler — conseguiu, em 1841, ver essa atmosfera. Para êsse astrônomo, célebre por suas observações lunares, revelou-se ela como um delgado anel azul, considerado como o azul do céu marciano. Não há que duvidar, trata-se de uma observação extremamente difícil!

É na observação das nuvens que ocorrem em seu seio que se tem, todavia, a prova mais evidente de sua existência. Destas, destacam-se as grandes formações de tonalidade amarelas, amareladas, ou, como tem ocorrido, avermelhadas; apresentam tais nuvens uma transparência relativa, pois permitem, por vêzes, a visibilidade das regiões do solo por que passam. Há ocasiões em que áreas de cêrca de meio milhão de quilômetros quadrados se vêm cobertas por essas curiosas formações.

Por vêzes ainda têm estas últimas tendências estranhas pois projetam-se por regiões onde, à primeira vista, poderia permitir a suposição de que não existem as calotas polares. Deve-se ver, entretanto, aí mais uma prova de que se trata de fenômenos atmosféricos, ou seja suspensos acima da superfície do planêta. Dizemos isto pois é bastante tendencioso ver nessas formações nuvens de poeiras originárias do solo do planêta e ocasionadas pelos ventos dos desertos. Surge então um impasse: admitir a existência dessas nuvens de poeira com as proporções freqüentemente constatadas, obriga a admitir também que fortes ventos as tenham ocasionado, pois é difícil supor que ligeiras brisas sejam capazes de manter em suspensão "nuvens de poeira" por centenas e centenas de quilômetros quadrados. Deve-se notar, por outro modo, que em princípio, grandes ventos não devem ocorrer em Marte. Embora tempestades devam ter lugar (o que constatamos com tôda a certeza em 1954) é mais admissível a suposição de que o estado generalizado da atmosfera marciana não permite — isso em princípio — a ocorrência de fortes ventos. Dessa forma é muito mais provável que se trata de nuvens amarelas mesmo. Segundo o geralmente aceito, a altitude dessas nuvens seria da ordem de 3 a 5 km.

Acima da região em que ocorrem normalmente as nuvens amarelas existe uma região cuja natureza exata, como vimos, é ainda ignorada. A "camada violeta", é assim, ela chamada, constitui um dos mais complexos enígmas de Marte e talvez responsável por uma série de fenômenos que começamos apenas a entrever.

Já mais acima, à altitudes, como vimos também, bastante elevadas (cêrca de 10 a 30 km) encontram-se as nuvens "azuis" de características totalmente especiais. Provàvelmente são constituídas de cristais de gêlo, não se podendo entretanto compará-las com as nossas nuvens aquosas: a admissão de tal analogia permitiria, mesmo involuntàriamente, a suposição de que poderia chover em Marte. Sabemos, contudo, que uma série bastante grande de fatôres complica ao extremo tal suposição.

Tais nuvens, note-se de passagem, são completamente invisíveis à vista telescópica, a não ser que o observador se arme de um filtro especial. Há mesmo observações especiais cujo único propósito é de registrar a ocorrência dessas nuvens "azuis". No "Capricórnio" êsse tipo de observação vem ocupando a atenção do autor destas linhas desde a oposição de 1956. Há ocasiões em que são bastante freqüentes (certos mapas foram elaborados onde se vêm as regiões sôbre as quais tais nuvens se destacam) enquanto que em outras não, como ocorreu em 1958, quando uma única dessas nuvens foi registrada.

Pelo que nos foi dado ver, constata-se que a altura das nuvens marcianas é muito superior àquela das nuvens terrestres. Apresentam, em virtude dessa condição, uma particularidade notável: o de se tornarem visíveis quando se aproximam do bordo do disco do planêta ou do terminador. O mesmo fenômeno suscetível de explicar o relêvo lunar ocorre nessas ocasiões: as nuvens destacam-se do disco provocando ligeira intumescência suscetível de deformar o contôrno do disco plane-

tário. Não há ilusão de ótica, esteja certo disso o leitor! Com relativa freqüência constatamos êsse fenômeno curioso por sinal que muito testemunha a existência de fenômenos similares àqueles que têm lugar na atmosfera terrestre. Aqui, no nosso mundo, têm êles similares nas nuvens que foram registradas a grandes altitudes (cêrca de 80 km) e conhecidas como "nuvens nacaradas". Como estas, também em Marte estão sujeitas a fenômenos luminosos.

Mais acima, à semelhança da Terra, Marte também possui sua ionosfera. Sua natureza é, entretanto, completamente desconhecida.

Provàvelmente, o céu mais transparente dêsse mundo, suas nuvens amarelas ou avermelhadas, suas "nuvens nacaradas", sede de intensos fenômenos luminosos, sua ionosfera desconhecida (mas onde também auroras polares devem ter lugar), suas duas pequenas Luas, uma das quais dotada de curioso movimento, devem constituir um espetáculo ao extremo variável e de todo diferente daquele que nos é dado ver na Terra!

Resta-nos agora falarmos alguma coisa acêrca da composição dessa atmosfera. Não iremos, evidentemente, comentar questões técnicas relativas aos métodos empregados pelos cientistas; por outro modo, não iremos também entrar nas minúcias ou particularidades dos meios instrumentais que permitiram a interpretação dos resultados que êsses cientistas obtiveram. O leitor deve saber com tôda a certeza que é ao espectroscópio que devemos o conhecimento da natureza dos elementos que existem no universo. Aplicado, com outros acessórios, aos telescópios puderam os astrofísicos detectar

em Marte as particularidades mais evidentes de sua atmosfera. De posse destas últimas foi então possível esboçar um quadro senão exato pelo menos bastante aceitável de sua constituição. Hoje sabemos que — note-o bem o leitor — que há escassez de oxigênio e de vapor dágua ou, se existem, devem ter lugar em proporções extremamente raras. Eis, pois, a razão que possibilita ao cientista tomar uma atitude prudente com relação à suposição (quase sempre oriunda de um conceito cego e improcedente) de que forçosamente a vida *tem* que existir em Marte. Reforçam essa suposição a esmagadora presença do nitrogênio (que representa a sua quase totalidade), muito provàvelmente a de alguns dos gases "nobres", como o Argônio, Neônio, etc., e ainda não há muito descoberto (1947, Kuiper) gás carbônico em suma, elementos que compõem a atmosfera marciana. Com tôda a probabilidade, decorrente de sua fixação no próprio solo do planêta, o oxigênio marciano, assim como também o vapor dágua, reduziu-se a quantidades tão ínfimas que até o momento fugiram aos mais delicados métodos da Ciência!

7 — Extensos véus amarelos e nevoeiros menos ocasionais — Embora os dados que incluímos no tópico anterior pudessem bastar ao leitor para que êste tivesse uma idéia aproximada dêste fenômeno, julgamos conveniente acrescentar mais algumas particularidades. Em primeiro lugar a ocorrência de tais véus é de ordem a modificar por completo o aspecto que esta ou aquela região oferece habitualmente ao observador de Marte. Há ocasiões em que, se cuidados especiais não forem

tomados, (sobretudo no que diz respeito à determinação exata do meridiano central do planêta) interpretações as mais errôneas podem contribuir à má interpretação de um desenho relativo à conformação de uma região visualizada. Isso sucedeu com bastante freqüência ao autor destas linhas durante as últimas oposições, sobretudo em 1958, quando regiões *que deveriam estar visíveis* revelaram-se desconhecidas em suas delineações habituais. Tal constatação torna a ventilar o problema da ocorrência de fenômenos que poderíamos identificar como "tempestades de areia", relativamente comuns nos nossos desertos, ou nas regiões semidesérticas do nosso planêta. Como se sabe, não é aceita a hipótese de que fortes ventos ocorram à superfície de Marte. Segundo S. Hess meteorologista do observatório Lowell ligado a êsse gênero de pesquisa em Marte, os ventos, entre as latitudes + 15.º e + 50.º, teriam de 4,0 metros por segundo (gradiente vertical), o que indicaria serem os ventos marcianos mais fracos que na Terra. Isso estaria de acôrdo com as constatações de Antoniadi (entre 4 e 10 metros por segundo) ao observar deslocações de sistemas de nuvens. Pois bem, é difícil por vêzes admitir que velocidades dessa ordem — cêrca de 15 km/h — fôssem suficientes para explicar os grandes véus amarelos constatados durante a oposição de 1954. Nessa época (junho), cêrca da metade do disco marciano, isso após menos de 24 horas, apresentou-se toldado quando, na véspera, grandes extensões esverdeadas monopolizavam a observação! Se tal constatação é inexata — o que desde já negamo-nos admitir — ou se, por outra, existe outra causa explicativa — o que é muito provável — poderia se supor que a ocorrência dos véus "amarelos"

constatados tem muita semelhança às cerrações que aqui ocorrem. Evidentemente, isso faria supor "a priori" uma umidade atmosférica, o que não se coaduna muito bem com o conhecimento que se tem do estado ressecado que a mesma apresenta. Poderia, se bem que de maneira inexplicável, haver relação com o referido fenômeno de sublimação defendido por Vaucouleurs; como o mesmo encontra-se mais relacionado com a diminuição das calotas polares e o escurecimento das regiões sombrias, é de se convir que a natureza dos véus amarelos — para só citar êsses fenômenos — é profundamente enigmática. Evidentemente, um caso isolado como é o nosso (muito embora véus amarelos continuam sendo observados com freqüência) não pode de maneira nenhuma servir de base à elaboração de uma hipótese; mas de qualquer maneira constitui exemplo de como, atrás de todo o interêsse que a observação de Marte apresenta e desperta, um número elevado de constatações inexplicáveis que ocorrem naquele mundo, corroboram na opinião generalizada que se tem a seu respeito.

8 — **Ligeiros ventos** — O último tópico poderia bastar para justificar o que geralmente ocorre em Marte com respeito a esses movimentos atmosféricos. Entretanto, os dados que passaremos a incluir poderão completar a idéia que se tem a respeito do problema.

Muito embora Antoniadi já tivesse, em 1929, estabelecido uma carta algo rudimentar dos possiveis sistemas de ventos que ocorrem em Marte, carta essa deduzida da deslocação de sistema de nuvens, deve-se admitir que foi S. Hess, do "Lowell Observatory", quem estabeleceu

de maneira mais segura o primeiro estudo a respeito de tal matéria. Como Antoniadi, serviu-se Hess das deslocações de massas de nuvens observadas visualmente no citado observatório em 1894, 1896 e 1924, e também — o que faz seu estudo mais preciso — da rêde de isotérmicas por êle mesmo deduzidas das observações radiométricas de 1924. Como se vê, um fator sumamente importante, a temperatura da atmosfera marciana (e também seu comportamento em função das formas de energia de que é sede, se podemos dizer assim) entrava no cômputo, o que justificava a tendência de maior exatidão nos resultados obtidos. Teòricamente, podia-se, mediante leis físicas, deduzir o que ocorre à superfície de Marte. Contudo, como não poderia deixar de ser, a aplicação prática de tal método iria se chocar com grande número de senões. O citado Hess tentou, por ocasião da ocorrência de um inverno boreal, e pela primeira vez, construir uma "carta meteorológica de Marte", servindo-se para isso de diversas direções de ventos (18, ao todo) deduzidos de deslocações de nuvens constatadas visualmente nos mesmos anos acima mencionados (1894-1896 e 1924). Apesar do risco sucetível de suceder — (Hess admite haver um perigo de se fixar em dados tão dispares), declara o citado cientista "que essa primeira tentativa pode fornecer indicações úteis, de características generalizadas, sôbre a circulação atmosférica marciana".

Desta maneira, muito embora estejamos no início de um novo tipo de pesquisa — a areometeorologia — na atmosfera marciana, é de se crer que, à medida que novos sistemas e métodos de pesquisas vierem à luz, uma evolução gradativa do conhecimento desse importante

setor da areografia tenha lugar. Provàvelmente, com o passar do tempo, previsões poderão ser feitas acêrca das futuras oposições marcianas o que, sem dúvida, facilitaria ao extremo os programas de observação!

9 — **Aspectos que lembram geadas** — A explicação que tentaremos dar leva-nos de volta às regiões polares, ou também às proximidades do limbo do planêta (regiões de latitude elevada).

Aqui tambem o leitor poderá recorrer com certa vantagem às notas e comentarios do tópico n.º 4. Êsses aspectos que ocasionalmente são vistos pelo areógrafo apresentam características particulares. São elas freqüentemente observadas após o nascer do Sol, lembrando os efeitos de uma noite frigidíssima. A tonalidade observada é sensìvelmente idêntica àquela das calotas, com pouquíssima diferença de colorido. Ao que tudo indica trata-se de neve, gêlo, ou melhor talvez, de geada, onde a altitude local parece desempenhar papel não pouco importante. Destacam-se de todos os outros fenômenos atmosféricos (nuvens) registrados na observação do planêta.

10 — **As diferenças de temperaturas** — Nesse particular o planêta que ora estudamos apresenta uma particularidade deveras notável.

Antes, porém, de comentarmos alguns de seus aspectos mais curiosos, devemos lembrar ao leitor que os resultados obtidos decorrem ùnicamente do emprêgo de um aparelho destinado a medir a temperatura de um corpo muito além do alcance do homem (pelo menos por algum tempo ainda...). Êsse aparelho é o termocupla.

Emprestemos, para melhor compreensão, dos compêndios clássicos a explicação de como procedem os astrofísicos. Como sabemos, todos os corpos quando aquecidos emitem energia que se nos revela sob forma de radiações eletromagnéticas. Atingindo níveis elevados essa irradiação possui, entre outras, luz visível (o Sol, a lâmpada elétrica constituem exemplos). Reduzindo-se a temperatura a irradiação tende a comportar maior número de radiações infravermelhas; à temperaturas normais, baixas, tôdas as radiações emitidas são infravermelhas.

O interessante, todavia, é que da energia emitida pela irradiação torna-se possível avaliar a temperatura da fonte emissora: basta ter-se à mão um aparelho capaz de transformar essa energia em calor e... medir êste ultimo. Se a energia liberada fôr de alto grau e o calor resultante, considerável, basta anexar ao instrumento um termômetro; se pelo contrario, essa energia fôr reduzida, deve-se recorrer a instrumento mais sensível: o termocupla. Vejamos agora em que consiste o funcionamento dêsse notável instrumento. Em princípio baseia-se nos fenômenos de têrmo-eletricidade: se formarmos um circuito com dois fios de metais diferentes, soldados ponta à ponta e, se aquecermos um dos locais soldados, uma corrente elétrica tem origem no circuito. Pois bem, êsse circuito pode ser estabelecido e assim medido com um galvanômetro.

Graças a um dispositivo semelhante pode-se deduzir a temperatura de uma radiação que caia sobre uma das soldas que aquece. Inútil dizer que numerosos empregos caracterizam a utilidade de tal engenho. Evidentemente, se bem que simples quando empregada no campo

industrial, ou mesmo em laboratorio, a delicadeza é posta à tôda prova em se tratando de medir a temperatura de um corpo celeste, Marte, por exemplo. Tem que se pensar, antes de tudo, que a radiação oriunda desse mundo é extremamente débil e, o que é notório, reduzida pela camada atmosférica de nosso mundo. Alem disso, tem que ser computado o calor solar refletido pela atmosfera marciana deduzido do próprio calor do planêta: um, o do Sol, é de natureza visível, enquanto que o outro é ùnicamente de origem infravermelha. Necessita-se então de filtros (lâminas de vidro, fluorita, sal-gema ou mesmo de cuba de água) os mais complexos para levar adiante o programa. Apesar de tais dificuldades os astrônomos conseguiram levar de vencida o projeto de medir-se a temperatura de nosso vizinho. Surgiu então a série notável de resultados com que se destacaram os Pettit e Nicholson, no Observatório do Mt. Wilson, e Menzel, Coblentz e Lampland, no observatório de Lowell. Nesses memoráveis experimentos utilizaram-se termocuplas extremamente minúsculos mas tão potentes que, acoplados aos grandes instrumentos dessas estações astronômicas, permitiam detectar um centésimo-milésimo ou mesmo centésimo-milionésimo de grau. Iniciadas em 1922, prosseguiram elas em 1924 e 1926 quando, de modo isolado, pôde-se determinar temperaturas de regiões diferentes do planêta.

E quais foram essas temperaturas? Já vimos em outro local algumas de suas particularidades. Vejamos, desta feita, alguns detalhes e generalidades acerca dessa importante questão. Eis alguns dados (obtidos de "Physique de la Planète Mars", de G. de Vaucouleurs) relativos às temperaturas observadas. (Fig. 6)

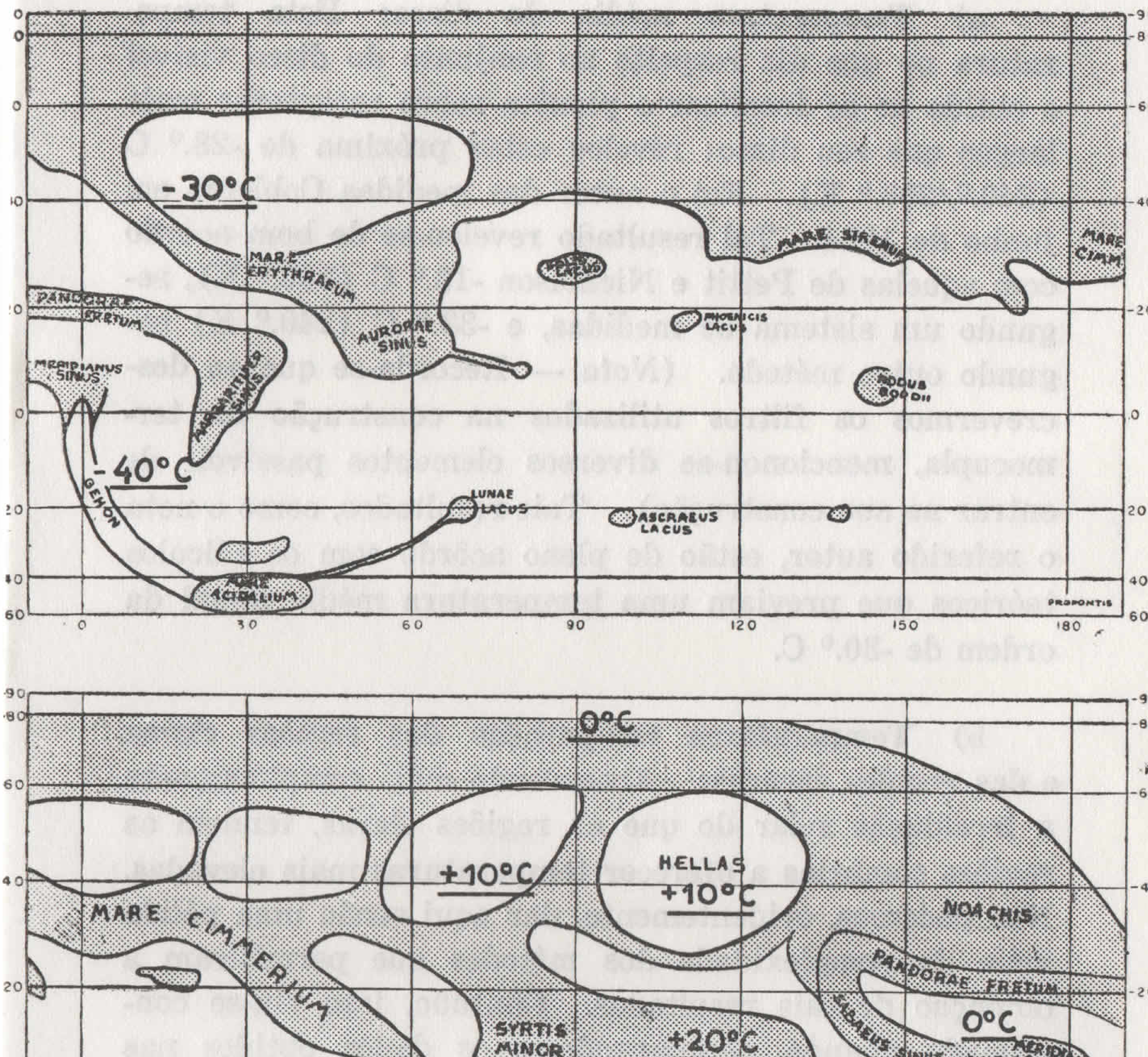


FIG. 6 — Levantamento generalizado das temperaturas observadas em Marte no início do Verão Austral marciano, em 1926, segundo as medidas de W. W. Coblentz, no Observatório Lowell (Flagstaff, Arizona, U.S.A.)

a) **Temperatura média do disco:** Esta temperatura no que diz respeito ao conjunto do disco visível e obtida ao se focalizar o planêta sobre receptores mais largos que seu disco: revelou estar próxima de -28.º C (240.º/250.º K). Foi o autor das medidas Coblentz em junho de 1924. Tal resultado revelou-se de bom acôrdo com aquelas de Pettit e Nicholson -13.º C (260.º K), segundo um sistema de medidas, e -33.º C (240.º K) segundo outro método. (*Nota* — Recorda-se que ao descrevermos os filtros utilizados na construção da termocupla, mencionou-se diversos elementos passíveis de entrar na sua construção). Tais resultados, como o nota o referido autor, estão de pleno acôrdo com os cálculos teóricos que previam uma temperatura média anual da ordem de -30.º C.

b) **Temperaturas comparadas das regiões claras e das regiões escuras:** Absorvendo mais completamente a irradiação solar do que as regiões claras, tendem as regiões sombrias a oferecer temperaturas mais elevadas. Não podemos, evidentemente, dar aqui senão uma pálida idéia da complexidade dos métodos que permitiram a obtenção de tais resultados. Contudo, isso viu-se confirmado quando, comparando-se os dados obtidos nas regiões sombrias do *Mare Sirenum* (agosto 15, 18, 21) ou da *Syrtis Major* (agosto 6, setembro 11 e 13) de um lado, com as regiões situadas ao norte do citado *Mare Sirenum, Memnonia,* de outro.

Por outro lado essas medidas constataram tambem que ocorrem em Marte importantes variações diurnas de temperatura. Vejamos alguns resultados (segundo a obra citada).

Hora do máximo diurno — As medidas de 1924 (Coblentz e auxiliares) obtidas de medidas efetuadas sôbre o centro e os limbos do disco com um receptor suscetível de cobrir 3" de arco do disco planetário (Marte, na ocasião, apresentava-se com cerca de 25"), ou seja 11% do diâmetro na oposição, permitiram obter os seguintes dados:

ÉPOCA	Antes da oposição (14 e 15 agôsto)	Durante a oposição (23 agôsto)	Após a oposição (11 e 12 setembro)
Limbo Leste (Nascente)	8 h —48º	12 h 30 +7º	16 h —6º
Centro (Meio-dia)	7 h 30 —55º	12 h + 2º	16 h 30 —7º
Limbo Oeste (Poente)	7 h —86º	11 h 30 —1º	16 h —10º

Na verdade, esses dados são apenas superficiais já que o problema da temperatura em Marte e a sua determinação são muito mais complexos que à primeira vista o leitor poderá imaginar. Muitas e muitas medidas viram-se necessárias, utilizando-se processos os mais diversos, comparados entre si. Alem do que um sem número de revisões viram-se necessárias também de molde a dar uma idéia mais completa acerca dessa difícil questão. Os dados que reproduzimos foram apenas incluidos para que o leitor tivesse ao menos uma noção

ligeira de uma faceta o mais das vêzes não levada ao conhecimento público. A determinação das temperaturas dos planêtas como também a questão dos componentes gasosos de suas atmosferas constituem — não seria necessário dizê-lo — um dos campos de pesquisas mais difíceis realizados pelos observatórios especializados.

Deixaremos agora de lado as particularidades físicas do planêta para estudarmos aquelas que dizem respeito às suas caracteristicas de corpo celeste em função da Terra e do Sol. Embora tivessemos já descrito no inicio do presente estudo a sua situação como planêta, trataremos aqui de completar nossa descrição com detalhes que irão tornar mais interessante o conhecimento desse mundo. Vejamos, pois, o que poderemos saber a respeito de Marte.

11 — **Idêntico período de rotação** — Caso único no sistema, apresenta Marte notavel semelhança com a Terra no que diz respeito ao seu periodo de rotação, ou seja o "dia". De longa data, após a constatação de suas manchas sombrías, foi a sua ocorrência uma das primeiras constatações feitas pelos antigos astrônomos que se apegaram à faina de sua determinação exata.

Ao dizermos "idêntico periodo de rotação" não queremos naturalmente dizer que o dia em Marte seja rigorosamente igual ao terrestre. Isso ocorrendo as analogias entre os dois planêtas seriam naturalmente mais realçadas. Contudo, o que já é digno de nota, quando se sabe que nenhum outro membro do sistema solar (incluindo Venus sôbre quem se depositava muita confiança a esse respeito) apresenta semelhante particularidade,

já que se revelam ou muito rápidos (os grandes planêtas são típicos neste particular) ou muito lentos (Mercúrio é o exemplo característico).

O dia marciano é mais longo que o terrestre em exatamente 37 min. 22,58 seg. levando-se em consideração ser o da Terra de 24 horas (dia sideral — 23 h 56 min. 4,1 seg.) Essa rotação pode ser constatada depois de quase uma hora de observação, de modo que depois de 24 horas, à mesma hora aproximadamente, a mesma região estará voltada para a Terra. Contudo, em virtude da diferença de cerca de 37 minutos, ocorre uma deslocação gradativa em virtude da maior rapidez do movimento de rotação da Terra que, então, após cêrca de 40 dias, ganha uma rotação sobre Marte. Dessa forma, nesse período todas as regiões do planêta viram-se expostas ao observador. Por outra, como em princípio os dois mundos giram ao mesmo tempo, é interessante notar que os areógrafos disseminados em diversas regiões da Terra têm condições de patrulhar o globo de Marte no periodo de um dia, ou seja 24 horas. Pessoalmente, em 1954, tivemos ocasião de acompanhar com colegas do "Capricórnio", e durante varias horas de observação seguida, 1/4 de volta do planêta, constatando muito bem a deslocação de suas regiões mais caracteristicas.

Embora se saiba com exatidão o periodo de rotação desse planêta, há, contudo, tendencia em verificar se êle tem-se mantido exato. Conhecido astrônomo do observatório Harward, J. Ashbrook, está reunindo dados deduzidos de inúmeras observações visuais a fim de compará-los com aqueles obtidos em épocas passadas. Tivemos a oportunidade de contribuir para esse importante programa com algumas de nossas observações. A opera-

ção é algo delicada pois se trata de determinar a hora exata em que conhecido acidente areográfico passa pelo meridiano central (longitude O) do planêta. Vai dai a necessidade de se conhecer o processo de determinação dessa coordenada que deve ser identificada graças às efemérides fornecidas pelos anuários astronômicos. Todo observador de Marte digno dêsse nome o sabe muito bem, nada havendo, pois, de extraordinário, já que dessa determinação é que depende a validade de sua observação.

Para terminar, note o leitor que esse movimento de rotação é responsável por uma variação de brilho (médio) que Marte apresenta e que foi, em 1914, determinado por Guthnick. É responsável por isso o fato do planêta mostrar periódicamente suas regiões escuras. A variação constatada é da ordem de 15%.

12 — **O ano é mais longo. . .** — É provavelmente no movimento de translação de Marte ao redor do Sol que reside provavelmente um dos traços mais marcantes acerca desse planêta. Não pelo fato em si pois outros globos, tais como os grandes planêtas, os têm de modo mais marcante, mas sim nas consequências que ocasiona em suas relações com a Terra. É devido a êle, em que são empregados 687 dias terrestres (ou 679 marcianos), ou seja cerca de 2 anos, que vemos relativamente bem esse mundo. Isso se compreende pois, enquanto a Terra completou quase duas voltas ao redor do astro central, Marte apenas fez uma.

Se tomarmos como 1,00 a distancia Terra-Sol, Marte ocupa respectivamente em sua orbita fortemente eliptica, estas posições (aproximadas) com relação ao Sol:

Distancia periélica 1,3816
Distancia média 1,5237
Distancia afélica 1,6658

Isto implica numa variação notavel que o planêta pode apresentar devido a essa *excentricidade* no que respeita a sua distância: *mais de 42 milhões de quilometros.* Se o leitor recordar o que dissemos acerca das temperaturas reinantes em Marte, terá aqui uma das causas principais que ocasionam tais variações.

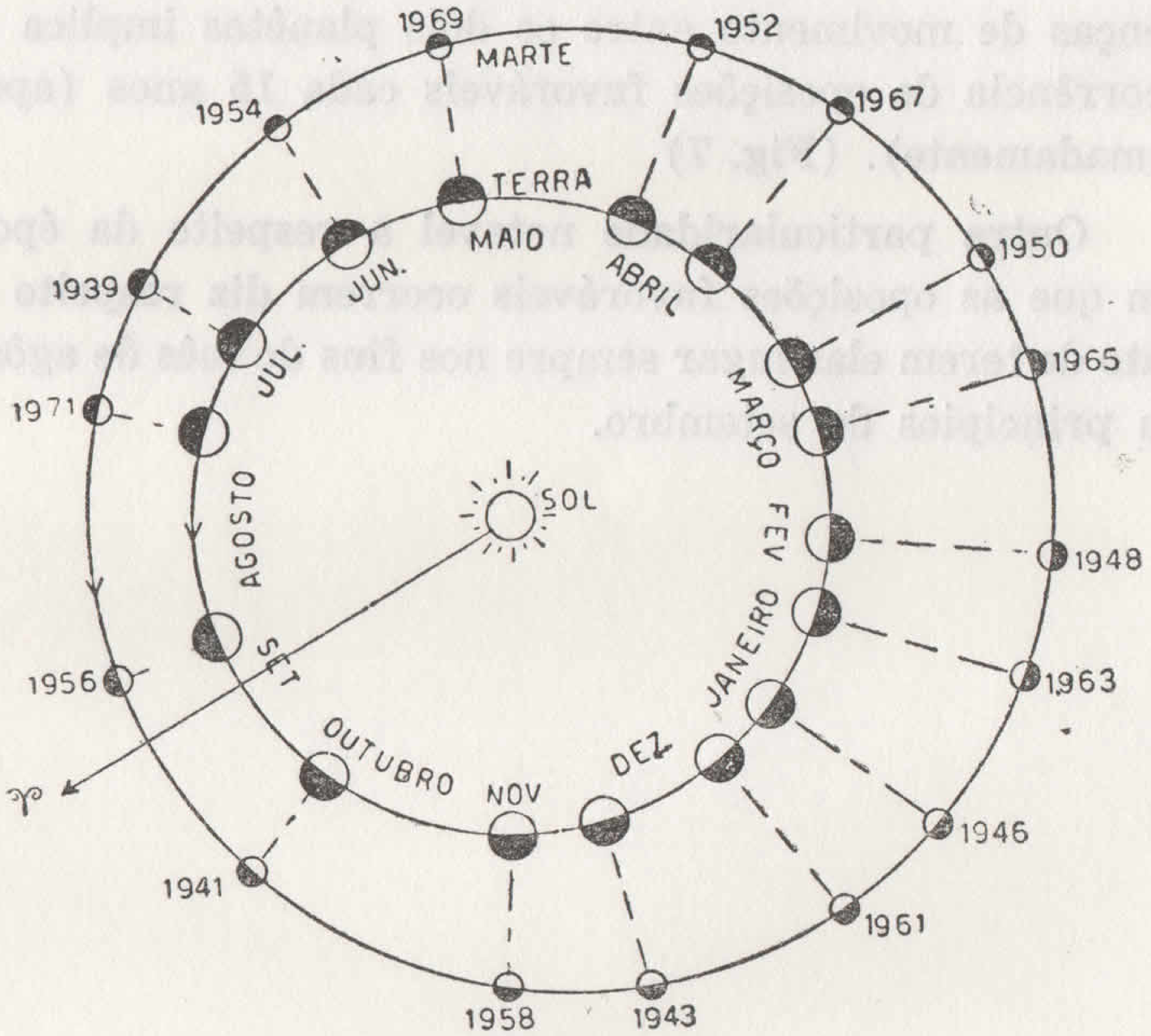


FIG. 7

O movimento de Marte ao redor do Sol não se efetua exatamente no mesmo plano em que a Terra completa

o dela. Há uma diferença, por sinal pequena, de 1.º 51'. Há uma interessante comparação, cremos da autoria de C. Flammarion, a respeito dos movimentos dos dois planêtas. Êstes são idênticos aos dos ponteiros de um relógio: é, porem, o grande ponteiro que gira mais lentamente. Quando é, então, que esses dois ponteiros (os dois planêtas, naturalmente) encontram-se em perspectiva? O que equivale a perguntar quando é que Marte e Terra se encontram numa mesma linha, isso com relação ao Sol? A resposta é, como já sabemos, cada 779 dias ou cada 2 anos e 49 dias. Já sabemos tambem que as diferenças de movimento entre os dois planêtas implica na ocorrência de oposições favoráveis cada 15 anos (aproximadamente). (Fig. 7)

Outra particularidade notavel a respeito da época em que as oposições favoráveis ocorrem diz respeito ao fato de terem elas lugar sempre nos fins do mês de agôsto ou princípios de setembro.

CAPÍTULO III

NOTAS COMPLEMENTARES E CONSIDERAÇÕES ECOLÓGICAS.

NOTAS COMPLEMENTARES

I — Um estudo de Marte, por mais incompleto que fôsse, não poderia deixar de mencionar a contribuição do grande areógrafo soviético, G. A. Tikhov, não há muito falecido, e fundador inconteste da Astrobotânica. Julgamos, pois, de grande interêsse incluir no presente volume algumas notas e conclusões desse grande especialista, desaparecido às vesperas de uma provável viagem ao nosso país. Tikhov, preocupado que esteve sobre esse magno problema, interessou-se pela questão da existência de vida vegetal em Marte desde a grande oposição de 1909, tendo efetuado número quase que incalculável de experiências que culminaram com a fundação em Alma-Ata de um laboratório especialmente dedicado à uma flora submetida às condições climáticas existentes naquele planêta.

A presente nota foi em grande parte haurida de um notável artigo escrito por Tikhov em 1955 e que diz respeito à possibilidade de vida em outros planêtas. Não possuímos, muito infelizmente, sua obra julgada capital, ASTROBOTÂNICA (recentemente, pouco antes de seu falecimento, acabara de escrever "60 ANOS AO TELES-

CÓPIO"), mas, provàvelmente, muitos dos conceitos emitidos nessa grande obra transparecerão nos dados que iremos comentar.

Sabe-se que Tikhov obteve com o auxílio do grande refrator de 760 mm do Observatório de Pulkovo cêrca de um milhar de fotografias, isso através de filtros vermelhos, amarelos, e também verdes. Tais fotografias possibilitaram-lhe estabelecer alguns novos fatos, uma vez que o emprêgo de filtros selecionados permitiam suprí-lo de elementos relativos aos coloridos de diversas regiões de Marte. Foi assim revelado que a calota polar, quando se funde até os extremos limites, assemelha-se aos gelos terrestres no que respeita à côr. Os "canais", ou as formações canalíferas, revelaram-se da mesma côr dos "mares". Alguns dêles, como o XANTHUS, SCAMANDER, SIMOIS, TARTARUS, ANTAEUS e outros, apareceram muito bem definidos com filtros vermelhos tornando-se quase invisíveis nos filtros verdes, correspondendo assim ao comportamento dos "mares" nas mesmas condições. Nessa mesma época, levou avante observações a fim de investigar sobre a possibilidade de existência de vegetação em Marte que contivesse clorofila. Segue-se uma série de notas e dados que, na íntegra foram publicados no "Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg", em 1910, em que o autor sugere os métodos que aplicados posteriormente, e que dizem respeito à técnica do emprêgo dos mais diferentes filtros.

Mais tarde, já em 1918 e 1920, voltou a observar Marte visualmente com o refrator de 380 mm do mesmo observatório, utilizando também filtros. Nessa época utilizou filtros diversos, vermelho-sombrio, vermelho-claro, amarelo, verde e também azuis. Em 1920 notou que

no hemisfério austral, e meio ao inverno, a vegetação (Tikhov já fala abertamente em vegetação!) permanecia verde, enquanto que no boreal, que se encontrava em meio do verão, os vegetais tinham-se tornado pardos. Tornou-se, pois, claro, no dizer de Tikhov, que tanto as plantas que permanecem verdes no inverno como aquelas que perdem suas fôlhas nessa estação, e que se tornam pardas no meio do verão, existem em Marte. Mais tarde, ao examinar a literatura especializada de Marte, constatou que outros astrônomos tinham observado o mesmo fenômeno. Tinham êstes, todavia, escrito que "as plantas verdes do inverno poderiam constituir formas semelhantes a plantas tropicais ou mesmo a plantas submersas (isto é aquáticas) terrestres". Ambas as sugestões não se coadunam com o clima de Marte. Na opinião do sábio soviético, poderiam ser sòmente plantas do *tipo alpino ou subartico*. É, por outra, bastante provável que as plantas sempre verdes e aquelas que perdem as fôlhas cresçam juntas. Em 1918 e 1920, o autor observou repetidamente o espectro das regiões escuras de Marte através de espectroscópio visual acoplado ao citado refrator de 380 mm. Apesar de não poder confirmar com certeza que tenha visto as bandas de absorção da clorofila, registra o fato de ter visto absorção particularmente forte nas radiações verdes emitidas pelas mencionadas regiões escuras. Tal ocorrencia poderia ocasionar o aspecto azulado dessas regiões observado tanto no passado como atualmente. Sòmente em anos recentes é que Kuiper, nos EE.UU. pesquisou no sentido de obter o espectro das manchas sombrias de Marte. Foi constatado não haver bandas de absorção nesse espectro.

Como se sabe, Tikhov foi um especialista em aerofotografia. Nesse mister viu-se obrigado a estudar o

brilho espectral de varias formações terrestres e assim aperfeiçoar um método de avaliação entre suas diversas reproduções fotográficas. Dessa maneira viu-se possibilitado a levar avante suas pesquisas com o problema por sinal semelhante de Marte. A seguir, refere-se Tikhov aos argumentos favoráveis à existência de vegetação no planêta. Em primeiro lugar, diga-se de passagem que após mais de trinta anos de investigações e também reflexões, pôde êle consolidar os fatos conseguidos em uma nova ciência, a Astrobotânica. Essa ciência é baseada acima de tudo nos principios biológicos de Michurin e na unidade dialética do organismo e de seu ambiente.

O argumento mais evidente é a ocorrência de mudanças periódicas nos coloridos das manchas sombrias. Em 1952, N. P. Barabashev, grande especialista soviético de planêtas, publicou seu "ESTUDO DAS CONDIÇõES FíSICAS NA LUA E NOS PLANETAS". Nesse livro, Barabashev dá numerosos dados acerca de seus trinta anos de observação de Marte, chegando à seguinte conclusão: "De tudo o que foi dito, podemos concluir com grande probabilidade que as mudanças de colorido de muitas regiões de Marte podem ser muito bem explicadas pela presença de extensões vegetais". Os partidários da existencia de vida vegetal em Marte acrescentam ainda outro argumento. Como sabemos, tempestades de poeiras são observadas em Marte — (o autor do presente observou esse fenômeno em 1954). — Se as manchas sombrias fossem constituidas de matérias inorgânicas, teriam sido de há muito encobertas com camadas de poeira e areia tremendamente espessas, enquanto que tôda a superficie de Marte — exclusão feita às calotas polares — não teriam mais que o aspecto monótono ama-

relo-alaranjado. Ùnicamente uma bem desenvolvida vegetação pode impedir o dominio da areia e do pó. A êsse respeito, os observadores de Marte bem que podem avaliar na devida proporção o peso dêsse argumento!

Tais são os argumentos que falam em favor da existencia de vegetação em Marte. Vejamos, pois, alguns principios que regem essa possibilidade, por sinal principios básicos.

1) *As leis da vida no Universo são idênticas na essencia porém diferem em suas manifestações.*

2) *A capacidade de adaptação do ser vivente às condições externas é extremamente grande.*

3) *As plantas possuem adaptação ótica às condições externas.*

Tikhov continua na sua exposição. Trata agora das dificuldades encontradas na discussão de que a vida vegetal existe em Marte e como tais dificuldades podem ser sobrepujadas.

1) *Contrastando com a vegetação terrestre, os vegetais marcianos não dispersam os raios infravermelhos.*

2) *A vegetação marciana não manifesta a importante banda da absorção clorofiliana nas radiações vermelhas do seu espectro, para não dizer de outras bandas.*

3) *Na sua generalidade, os vegetais marcianos não possuem um colorido verde, mas sim um azul, um azul-escuro e mesmo um colorido rôxo.*

4) *O clima de Marte é muito rigoroso.*

5) *Há pouca água em Marte.*

6) *Há muito pouco oxigênio na atmosfera marciana.*

7) *Não há ozona (oxigênio) na atmosfera marciana para absorver as radiações ultra-violetas de curto*

comprimento de onda que são destruidoras nas manifestações de vida terrestre.

Tikhov expõe como tais dificuldades podem ser suplantadas. Em 1945, declara êle, tornou-se claro que para interpretar a contento a diferença existente entre as propriedades óticas da vegetação terrestre e marciana, fazia-se lògicamente necessário estudar essas propriedades nas plantas terrestres que vivem sob as condições de um clima alpino e subártico. Dessa forma a solução do problema estava na necessidade de combinar-se a astronomia com a botânica. Foi assim, pois, que a ASTROBOTÂNICA nasceu. Essa ciência desenvolveu-se de tal maneira ràpidamente, que em 1947, tornou-se necessario fundar uma "Seção Astrobotânica" na Academia de Ciências da República de Kazakh. Ràpidamente também os trabalhos dessa seção removeram as importantes objeções mencionadas acima. O que se segue refere-se justamente a êsses trabalhos e seus resultados.

1 — As radiações infravermelhas contêm quase que a metade do calor vindo do Sol. Pode-se, pois, supor que as plantas marcianas, que vivem em clima severo, retenham essas radiações para se aquecerem. É por essa razão que aparecem particularmente escuras quando são fotografadas com radiações infravermelhas. Tikhov submeteu certas plantas terrestres a essa experiência verificando, por exemplo, que a dispersão nessas radiações apresentadas pelo junípero (ou zimbro) polar é de apenas um terço daquela radiação revelada pelo verde carvalho que cresce nas latitudes centrais da União Soviética. Por outra, à medida que cresce, o abeto (ou pinheiro) de Tien-Shen vai dispersando menos radiação infravermelha. No inverno, as coníferas dispersam a metade dos raios vermelhos que dispersam no verão.

Dessa maneira, o pêso da primeira objeção foi grandemente reduzida, e isso sem ir muito longe.

2 — A banda de absorção clorofiliana viu-se perdida pelas plantas marcianas durante os muitos séculos de adaptação a um clima severo. Em meio ao clima temperado da Terra é suficiente a planta absorver a banda comparativamente estreita de radiações vermelhas a fim de subsistir; no severo clima de Marte as plantas precisam absorver todas as radiações de longo comprímento existentes na radiação solar, isto é, alem das infravermelhas, precisam também absorver as vermelhas, as alaranjadas, as amarelas e as verdes que contem a terça parte do calor solar. Dessa maneira, a faixa ou banda principal torna-se larga fundindo-se com as mais fracas ou perceptíveis. Êste fenômeno foi confirmado pelas observações de plantas das altas montanhas e na região subártica, na latitude do círculo Ártico.

Os colaboradores da "Seção de Astrobotânica" descobriram assim outro fenômeno extremamente interessante. Consta êsse do fato que o pinheiro de Tien-Shen, a temperaturas acima de O° C, manifesta a emissão de uma banda muito nítida de absorção clorofílica enquanto que, quando a temperatura do ar cai abaixo de O° C, a faixa de absorção desaparece. As mudanças anuais tanto no que diz respeito à reflexão das radiações infravermelhas como a visibilidade da banda de absorção foram similarmente acompanhadas. Foi verificado que a dispersão de raios infravermelhos muda periòdicamente com as estações do ano; essa manifestação é muito mais forte no verão, enquanto é fraquissimo no inverno. Foi assim descoberto um fenômeno interessante que se re-

sume no seguinte: em abril a dispersão de radiações infravermelhas em todas as árvores cai abruptamente. Evidentemente, diz Tikhov, essa queda no princípio de cada novo período da vida vegetal, ocorre em virtude da necessidade, que têm os vegetais, de considerável quantidade de calor nessa época do ano.

3 — A propriedade revelada pelas plantas de Marte em absorver as radiações vermelhas, alaranjadas, amarelas e verdes, empresta grande significado às radiações azuis, azuis escuras e violetas. Fica assim especificada a côr dessas plantas. Como as observações do botânico A. P. Kutyreva, colaborador da "Seção de Astrobotânica", mostraram, tais côres são particularmente registradas entre as plantas dos altos planaltos do Pamir, que crescem em altitudes de quase 4000 metros. Entre estas encontram-se o "cinco-folhas" (Potentilla), o absíntio azul (Artemisia), o oxítrope (Oxytropis) a violeta parda (Clinelius nutans), etc.

4 — Deve-se notar, segundo Tikhov, que o clima severo de Marte não é perigoso para as plantas. Na Republica Autônoma Yakut, nas proximidades de Verkhoyans e Oimyakon, o clima não é menos rigoroso, sendo que 200 especies diferentes de plantas vivem alí. As nítidas flutuações da temperatura marciana isso do nascer do Sol até o meio-dia podem muito bem ser comparadas com aquelas dos Pamirs. Além do que, nas regiões polares marcianas, o Sol não se põe por periodo de tempo mais ou menos longo de maneira que a temperatura é constantemente acima de O° C. A capacidade que têm as plantas de se adaptarem às baixas temperaturas é em geral muito grande. Por exemplo, a rosa de verão (Helleborus niger L.) florece no inverno e freqüentemente sob a neve. Os botões da cocleária (Cochlearia artica), que

se desenvolvem nas costas siberianas do Oceano Ártico, podem permanecer congelados a 46º abaixo de zero centígrado, por vêzes mesmo sem uma capa de neve, para se abrirem e florecerem no verão seguinte. A natureza continental do clima nos Pamirs se aproxima grandemente daquela de Marte. De acôrdo com as investigações do Prof. P. A. Baranow, o limite anual das temperaturas à superfície dos terrenos alcança até 102º C, enquanto que a flutuação diurna à superficie alcança até 60º C. A temperatura média anual nos vales dos Pamirs é abaixo de 0º C e, de acôrdo com os dados obtidos durante muitos anos, é de -0.9º C para Murghab. A biologia das plantas é mais fortemente influenciada pelas nítidas mudanças da temperatura isso do dia para a noite. Essa é a causa principal da pronunciada resistência das plantas ao congelamento sob as condições alpinas. A baixa temperatura da noite, que pode ser apontada como o maior obstáculo à resistência de plantas cultivadas, pode ser destarte considerada como um fator favorável que as vai tornando cada vez mais resistentes. Muitos exemplos poderiam ser dados da capacidade das plantas de adaptar-se aos extremos de temperatura.

5 — Há pouquíssima água em Marte e dessa maneira a umidade do planêta é bastante baixa. No mesmo artigo, o Prof. P. A. Baranow escreve que ao cruzar as mais altas cadeias montanhosas que contornam os Pamirs de todos os lados, a corrente aérea é ressecada de modo que sua umidade é transformada nas maiores geleiras e extensões de neve do globo, de modo que quando se deslocam para dentro dos vales do Pamir contêm insignificante quantidade de umidade. A umidade do ar é assim extremamente baixa. A umidade relativa ao meio-dia cai, de acôrdo com as ultimas observações, a quase 0%

(zero por cento). Nos Pamirs, as plantas cultivadas crescem pois sob condições completamente novas, e que nunca foram encontradas em quaisquer regiões do globo. Os espécimens representativos da flora selvagem alpina no curso de sua longa e dificultosa evolução adaptaram-se, às mais severas condições. Todavia, todos esses extremos no clima não são obstáculo intransponível, note-se, para o desenvolvimento de plantas cultivadas. Durante o dia, a alta temperatura em combinação com a abundante radiação solar, determina a possibilidade de grande atividade da fotossíntese, que dá como resultado uma quantidade considerável de substância sêca que se acumula enquanto o sol estiver acima do horizonte. As baixas temperaturas à noite criam as condições para um decrescimo da desassimilação (respiração) que permite um mínimo desgaste no que diz respeito às reservas de energia da planta.

A acomodação das plantas nos Pamirs possibilita grandemente a capacidade de resistência aos primeiros congelamentos. Mesmo variedades cultivadas de batatas que na sua totalidade carecem de resistência aos primeiros efeitos do congelamento, adquirem capacidade de resistência a 7.º ou 8.º abaixo de zero (-7.º/-8.º 0º C). As condições específicas nos Pamirs transformam as plantas que habitualmente possuem altas médias de transpiração em formas que transpiram menos, não obstante a profusa irrigação e a extrema secura do ar.

Tikhov acredita que tais argumentos são mais que suficientes para considerar que a extrema falta de umidade da atmosfera marciana não pode ser considerada obstáculo para a existência de plantas.

6 — Há muito pouco oxigênio na atmosfera de Marte. A primeira consequência, a primeira questão que

decorre relativamente de tal estado de coisas, é a seguinte, de acôrdo com a explanação de Tikhov. Sabemos que as plantas utilizam o dióxido de carbono para sua fotossíntese. Há cêrca de duas vêzes mais dessa substancia na atmosfera de Marte do que na terrestre. Todavia, na fotossíntese as plantas liberam oxigênio que se vê formado da decomposição da água. A questão, pois, é porque não existe oxigênio na atmosfera de Marte. A explicação seguinte, segundo Tikhov, pode ser dada. Desde que as plantas requerem oxigênio para sua respiração por fotossíntese, elas não devem sòmente liberar oxigênio na atmosfera, porém, podem mantê-lo em reserva, tanto para suas partes aéreas como para suas raízes. As plantas submersas, aquáticas, as plantas que vivem em pântanos, brejos, podem servir de exemplo. O ar contido no solo contém também considerável quantidade de oxigênio. Todavia, ocorrendo uma carência de solo, como é o caso das plantas de pântanos, o sistema de raízes da planta pode sofrer uma deficiência de oxigênio. Durante o processo evolucionário de adaptação a um estado de insuficiência de oxigênio, a maioria das plantas aquáticas e de brejos (ou pântanos), adquirem consideráveis estoques dêsse gás em seus próprios corpos, isso na forma de largos espaços intercelulares, raízes respiratórias e outras maneiras de adaptação. Isto, naturalmente, é apenas uma das maneiras pelas quais as plantas se adaptam a um regime de pouquíssimo oxigênio. É quase provável que as plantas marcianas, no dizer de Tikhov, têm diferentes propriedades de adaptação.

7 — Tikhov responde agora à sétima e última objeção, ou seja de que Marte não contém uma camada de ozona que, à guisa de filtro, proteja e absorva as radiações ultravioletas de curto comprimento de onda e

que são, como se sabe, "destruidoras para as formas de vida terrestre".

De início, o grande especialista soviético comenta o fato de que essa expressão, por sinal comum na literatura até certo grau especializada (e que grifamos), nunca foi por êle utilizada no que respeita à "vida terrestre". Baseia-se no fato de que é completamente impossível levar avante experimentos tornando-se destarte tambem impossível constatar a ação dessas radiações em organismos que se originam e vivem nos lugares onde as radiações penetram. Aqueles que recorrem à sétima objeção não podem eximir-se do fato de estarem na Terra e não podem assim imaginar que a possibilidade da vida em outros planêtas onde a origem e a evolução dos sêres vivos podem muito bem ter decorrido segundo um processo todo particular e de maneira diferente da Terra. O "geocentrismo" convem afirmá-lo, diz mais adiante Tikhov, estabeleceu-se firmemente nas mentes de muitos cientistas. Esquecem êles que, no decurso de centenas de milhões de anos, a vida na Terra adaptou-se gradualmente a si própria, o que se realizou em vista das lentas e mutáveis propriedades do meio-ambiente, e por essas mesmas propriedades atuais é extremamente difícil julgar a respeito de todas as propriedades que ela poderia ter possuido nas antigas éras geologicas. O já citado "geocentrismo" é particularmente impressionante na questão das radiações ultravioletas de curto comprimento de onda. Em muitos livros, prossegue Tikhov, encontra-se estabelecido que essas ondas são destruidoras para as bactérias. Isso é perfeitamente certo se nos referirmos às bactérias *atuais*. Porem as bactérias das antigas eras geológicas reagiam de modo diferente a tais radiações. O ponto de vista comum é

que microorganismos foram os pioneiros da vida na Terra. Mais ainda, alguns cientistas mantêm que a formação inicial de substâncias orgânicas na Terra teve lugar sob a influência de radiações de ondas curtas as quais, nessa época, passavam livremente através de nossa atmosfera. As plantas apareceram consideràvelmente mais tarde e saturaram a atmosfera com oxigênio. Desse oxigênio foi formada a camada de 3 mm de espessura de ozona (pressão normal) que absorve as radiações ultravioletas de curto comprimento de onda, que são tão destrutivas para as bactérias atuais como outros organismos na Terra. Pode supor-se que, se a referida camada de ozona, não tivesse aparecido na atmosfera terrestre, a vida teria não obstante isso continuado a existir e, de acôrdo com o processo de evolução, ter-se-ia adaptado ao gradual enfraquecimento das radiações de curto comprimento de onda que de início promoveram suas origens.

O físico francês, Paul Becquerel, que investigou intensivamente a adaptação dos microorganismos a extremas condições de ambiente, considera tambem essas radiações destruidoras para a vida cosmica. Vejamos, para dar mais pêso à nossa dissertação, um excerto de um relatório de sua autoria, e que "L'Astronomie" (orgão da S.A.F.) publicou em setembro, 1950:

> "Seria essa atmosfera tão transparente às radiações ultravioletas como foi afirmado? Estas seriam de temer; pois mesmo no ar rarefeito, e às baixas temperaturas, elas matariam todos os germes congelados os mais resistentes, como foi demonstrado por minhas experiências (1910). Se, sobre a Terra, não houvesse a 20 km de altura

uma delgada camada de ozona absorvendo essas radiações, haveria muito tempo que nossa vegetação e nossa fauna teriam desaparecido. Felizmente, Marte possui tambem em sua atmosfera, contra essas perigosas radiações, uma camada protetora ainda mais eficaz. Foi fotografando o planêta através de filtros coloridos em luz azul que Slipher (1937) e W. H. Wright (1939) a descobriram. Chamaram-na de "camada violeta". Encontra-se ela entre 10 e 20 quilometros de altura. É ela constituida de finas particulas de uma substancia desconhecida, tendo um notavel poder de difusão e de absorção para os curtos comprimentos de onda..."

Tikhov, assim, considera, em principio, que a sétima objeção à ideia de existencia de vegetação em Marte foi removida. É bem verdade que ao dizermos "felizmente", podemos atribuir à Terra uma condição estimuladora do advento da vida, que pôde ter sido atribuido a fatores de pura sorte. Não devemos esquecer, todavia, que a vida é incomparàvelmente mais flexível que um lance de pura "sorte". O materialismo dialético ensina que a vida é um fenômeno que aparece como resultante de uma necessidade extremamente forte e resultante natural do desenvolvimento da matéria. Embora tal divagação de ordem filosófica não caiba no presente estudo, não pudemos deixar de mencioná-la sem, todavia, advogar-lhe a menor e secundária intenção.

Poderíamos prosseguir nos comentários baseados em trabalhos e experimentos de Tikhov. Todavia, com pesar de nossa parte, não poderemos fazê-lo, mesmo porque iríamos entrar em campo completamente à margem das

finalidades do presente livro. Julgamos assim que as poucas considerações acima expostas sejam suficientes para fixar as idéias do mais inveterado antagonista da idéia de existência de vida vegetal no planêta que estudamos.

II — **Evidencia de vegetação em Marte** — com relativa frequência foi sugerido que as áreas sombrias de Marte consistem senão na totalidade pelo menos em parte, em uma vegetação. Contudo, grande parte dos testes no que diz respeito à reflectividade no próximo infravermelho característica da maioria das plantas, deram todos resultados negativos. Poucas plantas terrestres, como entre outras, os líquens, não mostram essa característica, sendo que Kuiper sugeriu que as áreas sombrias de Marte consistem de similar vida vegetal. Por sua vez, W. M. Sinton, sugeriu agora e levou avante um processo para averiguar a presença de vegetação. Todas as moléculas orgânicas possuem bandas de forte absorção num comprimento de onda vizinho de 3400 Angströms, sendo que o comprimento de onda do carbono-hidrogênio não dispõe de ressonância; por sua vez, o comprimento de onda preciso depende da molécula tomada sob o ponto de vista individual. Essa bandas foram estudadas por Sinton assim que apareceram nos espectros de numerosas plantas terrestres, incluindo-se o lírio, o bôrdo, líquens e musgos. Em todas as plantas testadas a ressonância C-H apareceu com certa freqüência (a notar que os líquens são similares às chamadas "plantas superiores" a êsse respeito, contrastando com sua reflectibilidade no infravermelho próximo). Testes foram tambem efetuados com Marte em 1956 durante a "Grande oposição". Relativamente, pouca luz é recebida

de Marte isso no comprimento de onda de 3400 Angströms, de maneira que equipamento altamente sensível foi necessário a fim de tornar tal trabalho possível. Uma célula de sulfeto de chumbo resfriada com nitrogênio líquido foi escolhida para servir de detector; foi ela acoplada a um monocromator equipado com um prisma de fluoreto de lítio e por sua vez instalada no foco "newtoniano" do refletor de 155 cm do observatório de Harvard. A radiação recebida de Marte foi analisada teòricamente em duas partes, uma relativamente à radiação termica do planêta, a outra refletida pela radiação solar. Considerações estatísticas indicaram que a separação foi insignificante. As radiações refletidas mostraram a existência de uma depressão à altura do comprimento de onda da banda orgânica, o que possibilitaria a evidência de algum tipo de vegetação.

Isso, como se sabe, foi confirmado sòmente em 1958 durante a ultima oposição do planêta, quando Sinton recorreu a métodos mais delicados e mais poderosos. Desta feita, utilizou êle o grande refletor de Mt. Palomar, de 508 cm de abertura, onde, usufruindo grande concentração luminosa desse instrumento, pôde reunir dados insofismàveis graças a três comprimentos de ondas: 3430, 3560 e 3670. Aliás, êste último corresponde à moleculas orgânicas que não teriam similares aqui na Terra. (*) Assim, alem de corresponder à expectativa dos favoráveis à existência de vida — (vegetal, por ora) — Marte revelou em espectros de algumas de suas regiões privilegiadas, um comportamento extremamente enigmático ainda não resolvido (1960).

(*) O que foi posteriormente desmentido em razão da sua identificação com certas moléculas orgânicas.

Poderiamos, tal a importância revelada por esse recente ramo da astronomia, a Astrobotânica, alongarmos acêrca de seus inúmeros aspectos. A questão em apreço tem merecido a atenção de muitos especialistas, tanto norte-americanos, soviéticos como franceses, que criaram verdadeiras "escolas astrobiológicas". No nosso país, de uns tempos para cá, êsse apaixonante campo de pesquisas vem despertando a atenção de alguns cientistas. Não conhecemos evidentemente toda a bibliografia a respeito. Contudo, destacamos dois exemplos sem duvida bastante conhecidos. O primeiro diz respeito a uma serie já volumosa de artigos que R. Argentière, o popular divulgador das coisas da ciência tem feito através dos jornais. Lamentamos não ver êsse trabalho reunido num volume. Isso entretanto foi feito por um notável estudioso do planeta Marte, Flávio A. Pereira, que num admiravel livro INTRODUÇÃO À ASTROBIOLOGIA, expôs as mais importantes facetas que esse notavel campo de pesquisa vem oferecendo. Datado de 1958, êsse volume expõe em estilo eclético e sóbrio os aspectos multiformes revelados pela "botanica dos astros", especialmente aquela relativa a Marte, e onde a complexidade dos detalhes vê-se seguramente analisada pelos conhecimentos teóricos e práticos do autor. Aliás, com referência a êste último particular, Flávio A. Pereira, confirmou o que já fôra revelado numa sua obra anterior (1946), "A EVOLUÇÃO DAS ATMOSFERAS PLANETARIAS, ESPECIALMENTE A TERRESTRE". Como se trata de obra intimamente ligada à materia aqui discutida, recomendamos vivamente aos leitores a leitura de "INTRODUÇÃO À ASTROBIOLOGIA" a fim de se familiarizarem de modo mais amplo com as minucias reveladas por esse novel ramo da Astronomia.

III — **Alguns aspectos generalizados de Marte** — As notas que se vão seguir constituem mais uma espécie de resumo dos conhecimentos que possuimos com certa segurança sobre a natureza e as propriedades da atmosfera, e da superfície do globo de Marte, conhecimentos esses obtidos graças ao emprego dos meios mais seguros da investigação objetiva. Foram êles hauridos da notavel obra de G. de Vaucouleurs, "LA PLANETE MARS", (edição original, 1951). Embora, note-se, cêrca de dez anos já se tenham passados, a referida obra pode ainda ser considerada como uma das melhores — senão a melhor — das obras que trataram das questões areográficas com cunho eminentemente objetivo.

A Atmosfera.

1 — No que respeita os componentes gasosos permanentes dessa atmosfera, admite-se atualmente provável a existência do nitrogênio e, provàvelmente, isso em fracas quantidades, do argônio (22 m T.P.N.?). Por sua vez, a existência de pequena quantidade de gás carbônico foi constatada (4,4 m T.P.N. na sua composição.) Quanto ao oxigênio, é de se admitir também que tenha sido definitivamente eliminado ou, se existir, ùnicamente sob o aspecto de raros vestígios.

2 — Ocorre na alta atmosfera uma camada nítidamente dividida, à altitude ainda mal determinada, mas que se admite como sendo entre 5 e 25 km, e de características permanentes. Trata-se da "camada violeta", de espessura ainda desconhecida, e cujos efeitos revelaram-se insensíveis no que respeita os grandes comprimentos de onda; fracamente difusivel e pelo contrário extremamente absorvente no dominio das radiações azuis, o

violeta e o ultravioleta. Apresenta, por outro lado, a curiosa característica de não apresentar a mesma opacidade, revelando durante curtos períodos de tempo (um ou dois dias), falhas bastante importantes e sobretudo extensas. Sua natureza, apesar de ter sido atribuida à condensação, por exemplo, de cristais de neve carbônica ao nivel da tropopausa marciana, é preciso convir que ainda continua extremamente misteriosa já que suas variações são de difícil explicação.

3 — Ocorre nessa atmosfera a existencia de nuvens, em geral, muito transparentes isso no domínio das radiações visuais; por vezes podem elas apresentar uma opacidade notavel. Tais nuvens são conhecidas como sendo de dois tipos principais: 1) as "amarelas", situadas nos níveis inferiores da atmosfera e, 2) as "azuis", que se encontram em níveis elevados podendo atingir ou mesmo ultrapassar àquele da "camada violeta"; quanto a esta, deve-se notar que apresenta habitualmente, ao nascer do Sol, uma intensificação que progressivamente desaparece durante o transcorrer da manhã. Tal fenômeno, admite-se, poderia ser ocasionado pelas fracas condensações de nuvens do tipo "azul" provocada pelo resfriamento noturno. Quanto às caracteristicas, essas nuvens não são sempre idênticas entre si; especificando, podemos dizer os constituintes das nuvens "azuis" são de dimensões muito variadas. Todavia, deve-se notar que a natureza exata desses últimos permanece desconhecida. Alguns indícios, entretanto, são de ordem a nos permitir vêr nas nuvens "amarelas" partículas extremamento pequenas, originadas pela poeira rosada que cobre as regiões claras de Marte; sob a ação dos ventos, manter-se-iam em suspensão nas baixas camadas atmosféricas ocasionando a formação das citadas nuvens. Por

sua vez, as nuvens "azuis" poderiam ter sua existencia atribuida em princípio, a uma condensação do vapor d'água ou mesmo do gás carbônico, isso sob forma de cristais de proporções extremamente reduzidas. Deve-se, por outra, admitir que a formação de nuvens aquosas de gotículas líquidas — ou seja "de chuva" — revela-se bastante improvável. Dessa maneira esse fenômeno atmosférico, tão comum na Terra, seria extremamente raro em Marte.

4 — A pressão atmosférica, por sinal um dos elementos que melhor foram determinados em Marte, parece não se afastar muito de 6,5 cm de mercúrio (ou 87 milibars) ao nível do solo.

Dessa forma, ocorrendo essa pressão, a temperatura de ebulição da água seria da ordem de + 43° C. A água ferveria, pois, em Marte, à temperatura de um bom banho môrno! No solo do planêta, muito provàvelmente, não se registra temperatura dessa ordem. Resulta daí que, *se a umidade ambiente se mantiver estável, ou pelo menos suficiente,* a água pode permanecer no estado líquido em Marte.

No que respeita à pressão, o gradiente desta última em altitude, mais fraco que sobre a Terra corresponde a uma redução dessa pressão na proporção, de 1/10 todos os 40 km; dessa forma, pode-se atribuir uma igualdade de pressões nas atmosferas de ambos os planêtas a cêrca de 28 km de altura aproximadamente. Dessa forma, nas altitudes superiores a pressão atmosférica marciana ultrapassa a que reina nesse local na atmosfera terrestre.

5 — É viável que a zona de convecção da baixa atmosfera marciana se estenda muito mais alta que a troposfera terrestre; assim a tropopausa se situaria próxima dos 45 km de altura onde a temperatura poderia

baixar até -160° C. Isso ocorrendo, a condensação do gás carbônico poderia ter lugar e ocasionar determinados fenômenos (nuvens "azuis", "camada violeta"?) Acima desta ultima a estratosfera se estenderia, com uma grande espessura, e uma temperatura não longe de -100°-C. Para terminar a região das "estrelas cadentes", ou mais propriamente falando, dos meteoros, ou ainda de transição entre a atmosfera molecular e a atmosfera por assim dizer atômica, ocorreria a cerca de 200 ou mesmo 250 km isso no mínimo. Embora a analogia já esteja caracterizada, é de se notar que ela descansa sôbre alguns elementos bastante aceitáveis.

Nas altas regiões, nos extremos por assim dizer dessa última camada, os fenômenos responsáveis pela excitação fotoquímica dos gases, do nitrogênio, em particular, poderiam ter lugar, ocasionando assim a formação de uma camada ionizada, suscetível de luminiscências de características aurorais. Ocorreria tambem uma circulação atmosférica zonal, que parece ligada ao campo térmico e tambem àquele das pressões correspondentes. Haveria, pois, uma semelhança com o que sucede na Terra. Todavia, a observação dos ventos, muito fragmentada ainda, não foi de ordem a permitir o estabelecimento de um sistema suficientemente razoável.

6 — A irradiação solar, ao alcançar o planêta, poderia se ver filtrada como segue: a camada (ou camadas) superior da alta atmosfera absorveria, pela decomposição fotoquímica do nitrogênio, os comprimentos de onda inferiores a 0,17 μ; num nível muito provàvelmente inferior, a decomposição fotoquímica do gás carbônico (e de outros gases sucetíveis de existirem em ínfimas quantidades) poderia absorver até 0,20 μ; além disso, e até 0,35 μ, nada de exato pode ser afirmado, sem sairmos do campo

hipotético. Por sua vez, a "camada violeta" absorveria em seguida, isso de modo geral, a maior parte da radiação de 0,35 μ (no mínimo) a 0,40 μ, deixando passar, já com intensidade de muito reduzida, as radiações próximas de 0,45 μ. Dessa forma, o solo do planêta receberia a radiação solar com uma intensidade crescente de 0,4 a 0,5 μ, e de maneira mais ou menos integral além, pelo menos até 0,7 μ. É por outra pouco provável que a transmissão atmosférica diminua alem de tais limites, pelo menos no que respeita o infravermelho próximo, salvo nas bandas do gás carbônico, cujas principais raias (de intensidades crescentes) se situam entre 1,6 — 2,0 — 2,7 — 4,5 — 10 — 13 e 15 μ. Esta última banda limitaria, à semelhança do que ocorre na Terra, o espectro solar próximo aos grandes comprimentos de onda. (Vide figura explicativa resumindo os dados conhecidos sôbre a atmosfera de Marte).

II — *Os Climas* — 1 — A temperatura média anual da superfície marciana é inferior em cêrca de uns quarenta graus àquela da Terra; varia ela de -10° a -20° nas regiões equatoriais e tropicais e de -60° aproximadamente nas regiões polares.

2 — No que respeita à amplitude da variação diurna da temperatura, esta atinge uma cinquentena de graus em média nas regiões equatoriais; o máximo diurno produz-se próximo ao meio-dia e meia ou talvez uma hora da tarde, enquanto que o mínimo noturno pouco antes do nascer do Sol.

3 — A amplitude das variações anuais de temperatura, sob as influências combinadas das estações e da excentricidade da órbita de Marte, pode atingir: uma centena de graus nas regiões polares (mais de 120° no

polo Sul, mais de 100º no polo Norte); uma cinquentena de graus nas regiões intermediárias (mais de 70º no hemisferio Austral, mais de 30º no hemisferio Boreal); e uma trintena de graus nas regiões intertropicais (mais de 35º no hemisferio Austral, mais de 25º no hemisfério Boreal). Por sua vez, as máximas e mínimas anuais têm provavelmente lugar próximo dos solstícios no hemisfério Austral e algum tempo após (cerca de ½ mês marciano) no hemisfério Boreal, salvo nas regiões polares onde as mínimas devem proceder de pouco os equinóxios; no equador, as temperaturas extremas são, pelo contrário, determinadas pelas passagens no afélio e no periélio.

4 — A temperatura das zonas sombrias, durante o dia, pode ultrapassar de uma dezena de graus daquela das regiões desérticas claras vizinhas, isso nas regiões tropicais; a amplitude das variações diurnas e estacionais pode, pois, aí ultrapassar de 5.º a 15.º segundo o caso, àquela das regiões claras de mesma latitude. A figura anexa fornece uma visão de conjunto acêrca das variações diurnas e estacionais da temperatura superficial das diferentes regiões de Marte; fornece ela essa temperatura em tôda época do ano e à tôda hora da noite, com um êrro provável não maior que uma vintena de graus, isso nos casos mais desfavoráveis, ou seja ainda um êrro provável de ± 5.º C. Êsses dados são pois importantes para a interpretação das variações estacionais observadas à superfície do planêta.

5 — A temperatura da atmosfera de Marte, nas vizinhanças do solo, é, durante o dia, inferior de uma trintena de graus no mais, àquela da superfície mesmo; a diferença deve atenuar-se durante a noite e poderia mesmo anular-se antes do nascer do Sol; a existência de

fortes correntes de convecção verticais diurnas é, pois, provável, e podem justificar certo número de fenômenos da atmosfera marciana.

6 — O gradiente vertical diurno de temperatura (ou seja o quociente da diferença de temperatura entre dois pontos de uma mesma vertical pela distância que os separa) na baixa atmosfera poderia ser próximo de 3,7.º C/Km, nas regiões tropicais e equatoriais pelo menos; em conseqüência, a temperatura da atmosfera acima dessas regiões poderia baixar até —50.º ou —60.º C próximo dos 10 km de altitude, a —70.º ou —80.º C aos 15 km e, cairia talvez até —160.º nos 45 km, nível êsse pressuposto para a tropopausa.

7 — As nuvens do tipo I (aquelas que são visíveis com luz de curto comprimento de onda e que se tornam gradualmente invisíveis quando se aumenta o comprimento de onda da luz utilizada) e as brumas polares observáveis em luz de curto comprimento de onda parecem absorver fortemente a radiação termica da superfície; temperatura, na melhor das hipóteses igual a —35.º C, poderia ser sensìvelmente mais baixa, talvez vizinha de —70.º a —80.º, de acôrdo com a temperatura provável da atmosfera marciana próximo a 15 ou 20 km de altitude. Resulta disso tudo que se as temperaturas encontradas em Marte não proibem qualquer manifestação vital, elas são de qualquer maneira rigorosas, e pouco hospitaleiras para os sêres vivos habituados aos climas terrestres (Vide a argumentação de Tikhov). Interessante é opinião de Menzel a êsse respeito:

"Se um sêr terrestre pudesse ir a Marte e aí subsistir, consideraria que, na melhor das hipóteses, se trata de um lugar extremamente frio. A planta de seus pés seria quente, enquanto que seu rosto e suas

orelhas se congelariam. É sòmente recorrendo a um escafandro, de matéria absorvente (negra) que poderia escapar, pelo menos parcialmente, às desvantagens da atmosfera glacial circundante. O "clima" de Marte é pois uma concepção essencialmente vaga e as temperaturas planetárias calculadas não admitem a devida interpretação em têrmos de experiência terrestre". Isso, note-se também, ocorre quando queremos interpretar de maneira demasiadamente direta, as temperaturas da alta atmosfera terrestre.

Se aproximarmos tais conclusões relativas à atmosfera e aquelas que passaremos a expor relativas ao solo, não haverá exagêro nenhum considerarmos ou compararmos o clima de Marte àquele que teria um "deserto estratosférico polar" sôbre nosso mundo.

III — As calotas polares e a água — 1 — ao contrário do que foi por muito tempo admitido, as calotas polares de Marte não poderiam ser compostas de neve carbônica. Atualmente, pode-se afirmar que elas são, à semelhança do que sucede na Terra, compostas de água congelada. É, porém, ainda difícil dizer com precisão o estado físico dessa substância: numerosos indícios, favorecem a hipótese de um depósito poeirento leve, análogo à geada, condensado sôbre uma superfície e à baixíssima temperatura. No mais, é provável que uma certa diversidade se manifeste, isso de acôrdo com as regiões, e que estrutura superficial evolua igualmente durante as estações.

2 — A espessura dessas calotas é ainda mal conhecida, mas a espessura da camada de gêlo denso equivalente não poderia ultrapassar alguns centímetros; sob a

gravidade marciana, por sinal reduzida, o depósito cristalino não-compacto formado por condensação, poderia contudo atingir uma espessura muito superior. Contrabalançando essa dificuldade, um perfil médio da calota polar pode se ver estabelecido com alguma boa probabilidade, e que proporciona boa perspectiva das particularidades conhecidas acêrca do seu decréscimo superficial no decorrer da primavera e do verão.

3 — Durante um certo período, próximo ao fim do inverno e no início da primavera, a calota polar é sobreposta por uma formação atmosférica variável, bastante tênue, muito provàvelmente devida a finíssimos cristais de gêlo em suspensão e que, por transmissão seletiva, a fazem aparecer visualmente amarelada ou desbotada. Apesar disso, constitui um anteparo térmico opaco às radiações infravermelhas da superfície; essa formação dissipa-se progressivamente durante a primavera e desaparece o mais das vêzes antes do solstício do verão.

4 — Durante a primavera, as calotas polares aparecem envoltas de uma franja sombria, mais ou menos contínua, de algumas centenas de quilômetros de largura, que acompanha a calota no seu retraimento e só se manifesta de maneira ampla durante um período relativamente curto, e que por sua vez concorda com aquele empregado na transformação maciça rapidíssima do material nevoso. Essa franja parece ser o indício de uma fase temporária durante a qual uma verdadeira fusão periférica desempenha papel notável ao lado, nota-se, da sublimação superficial geral da calota. Fora dessa fase, o estado ressecado da atmosfera não deve permitir à água de subsistir por longo tempo no estado líquido,

apesar da pressão atmosférica ser, a êsse respeito, largamente suficiente.

5 — A quantidade de vapor dágua habitualmente presente acima das regiões claras do planêta afora das regiões polares — não ultrapassa alguns centésimos ou mesmo miléssimos daquela presente na atmosfera terrestre; a altura de água precipitável é com muita probabilidade bastante inferior a 0,4 mm ou mesmo 0,1 mm; uma quantidade dessa ordem seria contudo suficiente para permitir a condensação de nuvens radiantes ou convectivos pouco densas, sendo que ela é perfeitamente compatível com a quantidade de água liberada por fusão e a sublimação das calotas polares. Corresponde ela, todavia, a um grau de dessecação extrema com uma umidade relativa diurna bem inferior ao décimo (talvez ao centésimo) daquela reinante nos desertos terrestres.

Tais conclusões, não seria necessário dizê-lo, são de uma importância extrema, e que completam perfeitamente os dados climáticos precedentes. Tem assim o leitor um apanhado nada desprezível dos fenômenos observados nas regiões claras e sombrias da superfície de Marte.

IV — A superfície e o solo — 1 — As regiões ocres ou rosadas, ou seja as regiões claras por excelência, cobrindo quase que 3/4 partes da superfície de Marte, representam com grande probabilidade, regiões desérticas desnudas e pouco acidentes. Encontram-se, na sua maior parte, recobertas de materiais rochosos reduzidos ao estado pulverulento pela ação combinada da erosão eólica e de uma extrema dessecação.

2 — A natureza dos minerais constitutivos de tais regiões é ainda desconhecida; diversos indícios, contudo,

parecem favoráveis à hipótese de rochas sedimentares ricas em silicatos, coloridas pelo óxido de ferro, tais como o grés vermelho, enquanto que outras sugerem de preferência a presença de rochas ígneas, tais como o "petrosilex" ou mesmo cinzas vulcânicas. Não podemos, evidentemente, sugerir senão grande recato na aceitação antecipada de tais hipóteses. Parece mais provável que a constituição do solo varia sensìvelmente segundo as regiões consideradas (de Vaucouleurs), bem que estas, quando tomadas em conjunto, sejam de diversidade menor que na Terra.

3 — O brilho médio das regiões sombrias de Marte, vizinha de metade daquela das regiões claras, sofre variações anuais estreitamente ligadas ao ciclo estacional das calotas polares e que parecem condicionadas pela chegada nessas mesmas regiões, de uma onda de umidade propagando-se (à velocidade de cêrca de 45 km por dia) por difusão na atmosfera ressequida. Isso ocorre alternadamente, a partir das regiões polares Norte e Sul durante a evaporação primaveril dos depósitos gelados polares. A velocidade de propagação observada nessa vaga encontra-se em bom acôrdo, pelo menos no que respeita a ordem de grandeza, com aquela que se pode calcular teòricamente para a circulação atmosférica geral de umidade entre dois pólos.

4 — Fora dessa vaga geral de escurecimento, algumas regiões vizinhas das calotas polares manifestam temporàriamente, no início da primavera, um escurecimento localizado muito pronunciado que se propaga (à velocidade de 20 km por dia aproximadamente), atenuando-se progressivamente, segundo o eixo de direção de certas artérias sombrias preexistentes. Poderia se

admitir que se trata aí de um fenômeno diferente do precedente e de uma propagação à superfície mesmo do solo (canais?).

5 — A natureza da superfície das regiões sombrias é desconhecida. Parece ùnicamente certo (a descoberta das radiações que acusam a existência de matéria orgânica não tinha ainda sido descoberta) que não dispõe de plantas verdes do tipo clorofiliano, análogas aos vegetais superiores terrestres; não é excluída a existência de vegetais (de Vaucouleurs menciona "inferiores", com o que em absoluto não concordamos) do tipo líquens ou musgos das tundras polares, que poderiam subsistir. E depois, quanto ao solo, na ignorância total em que nos encontramos com respeito à constituição do mesmo, nada nos impede de aceitar que todos os fenômenos observados possam ser oriundos de fenômenos físico-químicos agindo sôbre espécies minerais conhecidas.

* * *

Antes de terminar o presente estudo do planêta Marte teçamos ainda, embora só ligeiramente, alguns comentários acêrca do futuro do conhecimento que o homem terá a seu respeito. Apesar de sermos partidários convictos do progresso técnico e científico, somos inclinados a crer que, a não ser a ocorrência de uma grande revolução nos métodos clássicos de observação (óticos e de certo modo, os astrofísicos), sòmente as futuras viagens astronáuticas é que dirão a última palavra. Não devemos esquecer, entretanto, que os meios óticos continuam sendo os mais eficientes no que diz respeito à *observação superficial* do planêta, enquanto

que os astrofísicos são insuperáveis no que tange à *pesquisa física*, mormente no que diz respeito à atmosfera. Mas, não devemos esquecer que ambos os métodos têm contra si vários fatôres negativos, dentre os quais cabe destacar: 1) a distância; 2) a pequenez do astro; e, 3) e talvez o mais importante, a atmosfera. Já conhecemos êsses fatôres, que direta ou indiretamente viram-se comentados desde o início do nosso estudo. Por outra forma, é bem verdade que por ocasião de uma oposição favorável futura (1971) aperfeiçoamentos introduzidos nos métodos astrofísicos possam revelar facetas novas a respeito dêsse mundo enigmático. Tais possibilidades, se bem que perfeitamente razoáveis, serão, devemos supô-lo, pouco espetaculares e de certo modo modestas, além de sòmente serem possíveis por ocasião das grandes oposições. Dessa forma, é lícito esperar-se que, mercê dos incalculáveis recursos postos à serviço do homem pela Astronáutica, venhamos a ter, durante a próxima década (ou talvez antes) uma seara de novas descobertas a respeito do mais enigmático membro do sistema solar. Ainda há pouco, não devemos esquecê-lo, um satélite soviético, o "Sputnik III", contornou nosso satélite fotografando sua face desconhecida; um outro, anterior, foi enviado diretamente a êsse satélite. Pois bem, admitindo (o que é lógico) um progresso na técnica de envio e contrôle dêsses engenhos, é natural pensarmos, é lógico admitir-se, que os mesmos serão dentro de pouco tempo empregados na exploração de corpos celestes mais distantes. Dentre êstes, Marte, objeto de nosso estudo, encontra-se provàvelmente em primeiro lugar. É difícil, por outro modo, efetuar um levantamento das eventuais descobertas que um engenho humano enviado, seja dire-

tamente a Marte, seja à sua volta, poderia proporcionar. Pondo de lado a questão do tempo que fatalmente teria que decorrer entre o envio do foguete e a coleta de dados julgados inéditos (trata-se de problema extremamente complexo, e na suposição de que métodos idênticos, e lògicamente aperfeiçoados, àqueles utilizados pelo "Sputnik III") — poder-se-ia eventualmente obter a solução de numerosos problemas relativos ao planêta. Dentre êstes: 1) a natureza exata das calotas polares; 2) das regiões escuras e diversamente coloridas; 3) e por que não dizê-lo? dos misteriosos "canais". Por outro modo, o que teria resultantes senão espetaculares, pelo menos sumamente importantes, a questão da composição exata da atmosfera marciana, da inexplicável ausência (aparente) de oxigênio e vapor dágua. Em suma, o campo magnético do planêta, entre outros e, se existente, poderia ser detectado.

Dessa forma, é bastante difícil poder-se avaliar dentro de limites apenas razoáveis o que deverão ser as futuras explorações *à distância* que a astronáutica possibilitará dentro de breves anos. Repare-se que não falamos de exploração *à superfície*, já mais problemática! Aliás, e com certa insistência, tem-se anunciado a materialização de um projeto dessa natureza. Se o êxito acompanhar tal evento — o que não é impossível, note-se — é de se crer que muitas coisas deverão vir à luz, de molde a confirmar ou quem sabe desmentir antigas suposições! Estamos, queiramo-lo ou não, no advento de uma nova era que deverá proporcionar a descoberta de um sem número de coisas novas. Entrementes, enquanto tais realizações encontram-se na fase de burilamento teórico, devemos contentar-nos com o

que nos é dado obter com os métodos clássicos. Mais tarde, dentro de poucos anos, quem sabe, de posse dos novos dados, enviados ou trazidos de longe pelos "Sputniks" ou "Explorers", será sumamente interessante e curioso comparar os resultados obtidos pelo progresso científico e confrontá-los com os trezentos anos de história da Areografia!

CAPÍTULO IV

APÊNDICES

A — A nomenclatura areográfica moderna — A complexidade de detalhes geralmente observados à superfície de Marte mereceu, por ocasião de um dos últimos congressos da União Astronômica Internacional, uma revisão que, de certo modo, padronizou a lista de objetos conhecidos no planêta. Apesar de ser ela, sob diversos aspectos, inferior às grandes listas de Schiaparelli e de Antoniadi (a dêste último tinha mais de 550 nomes), e mais próximo de nós, Fournier (440), resume ela de maneira satisfatória o conjunto de detalhes geralmente observados. Eis a lista em aprêço, constituída de 128 formações que, em ordem alfabética, e acompanhadas de suas coordenadas areográficas, passaremos a descrever:

ACIDALIUM MARE – (30.°, + 45.°)
AEOLIS (215.°, – 5.°)
AERIA (31.°, + 10.°)
AETHERIA (230.°, + 40.°)
AETHIOPIS (230.°, + 10.°)
AMAZONIS (140.°, 0.°)
AMENTHES (250.°, + 5.°)
AONIUS SINUS (105.°, – 45.°)
ARABIA (330.°, + 20.°)
ARAXES (115.°, – 25.°)
ARCADIA (100.°, + 45.°)
ARGYRE (25.°, – 45.°)
ARNON (335.°, + 48.°)

AURORAE SINUS (50.º, – 15.º)
AUSONIA (250.º, – 40.º)
AUSTRALE MARE (40.º, – 60.º)
BALTIA (50.º, + 60.º)
BOREOSYRTIS (290.º, + 55.º)
BOREUM MARE (90.º, + 50.º)
CANDOR (75.º, + 3.º)
CASIUS (260.º, + 40.º)
CEBRENIA (210.º, + 50.º)
CECROPIA (320.º, + 60.º)
CERAUNIUS (95.º, + 20.º)
CERBERUS (205.º, + 15.º)
CHALCE (0,º, – 50.º)
CHERSONESUS (260.º, – 50.º)
CHRONIUM MARE (210.º, – 58.º)
CHRYSE (30.º, + 10.º)
CHRYSOKERAS (110.º, – 50.º)
CIMMERIUM MARE (220.º, – 20.º)
CLARITAS (110.º, – 35.º)
COPAIS PALUS (280.º, + 55.º)
COPRATES (65.º, – 15.º)
CYCLOPIA (230.º, – 5.º)
CYDONIA (0.º, + 40.º)
DELTONTON SINUS (305.º, – 40.º)
DEUCALIONIS REGIO (340.º, – 15.º)
DEUTERONILUS (0.º, + 35.º)
DIACRIA (180.º, + 50.º)
DIOSCURIA (320.º, + 50.º)
EDOM (345.º, 0.º)
ELECTRIS (190.º, – 45.º)
ELYSIUM (210.º, + 25.º)
ERIDANIA (220.º, – 45.º)
ERYTHRAEUM MARE (40.º, – 25.º)
EUNOSTOS (220.º, + 22.º)
EUPRHATES (335.º, + 20.º)
GEHON (0.º, + 15.º)
HADRIACUM MARE (270.º, – 40.º)
HELLAS (190.º, – 40.º)
HELLESPONTICA DEPRESSIO (340.º, – 6.º)
HELLESPONTUS (325.º, – 50.º)
HESPERIA (240.º, – 20.º)
HIDDEKEL (345.º, + 15.º)
HYPERBOREUS LACUS (60.º, + 75.º)
IAPYGIA (295.º, – 40.º)
ICARIA (130.º, – 40.º)
ISIDIS REGIO (175.º, + 20.º)
ISMENIUS LACUS (330.º, + 40.º)

JAMUNA (40.º, + 10.º)
JUVENTAE FONS (63.º, – 5.º)
LAESTRYGON (200.º, 0.º)
LEMURA (200.º, + 70.º)
LYBIA (270.º, 0.º)
LUNAE CACUS (65.º, + 15.º)
MARGARITIFER SINUS (25.º, – 10.º)
MEMNONIA (150.º, – 20.º)
MEROE (285.º, + 35.º)
MERIDIANI SINUS (0,º, – 5.º)
MOAB (350.º, + 20.º)
MOERIS LACUS (270.º, + 8.º)
NECTAR (72.º, – 28.º)
NEITH REGIO (270.º, + 5.º)
NEPENTHES (260.º, + 20.º)
NEREIDUM FRETUM (55.º, – 45.º)
NILIACUS LACUS (30.º, + 30.º)
NILOKERAS (55.º, + 30.º)
NILOSYRTIS (290.º, + 42.º)
NIX OLYMPICA (130.º, + 20.º)
NOACHIS (330.º, – 45.º)
OGYGIS REGIO (65.º, 45.º)
OLYMPIA (200.º, + 80.º)
OPHIR (65.º, – 10.º)
ORTYGIA (0.º, + 60.º)
OXIA PALUS (18.º, + 8.º)
OXUS (10.º, + 20.º)
PANCHAIA (200.º, + 60.º)
PANDORAE FRETUM (340.º, – 25.º)
PHAETHONTIS (155.º, – 50.º)
PHISON (320.º, + 20.º)
PHILEGRA (190.º, + 30.º)
PHOENICIS LACUS (110.º, – 12.º)
PHRIXI REGIO (70.º, – 40.º)
PROMETHEI SINUS (280.º, – 65.º)
PROPONTIS (185.º, + 45.º)
PROTEI REGIO (50.º, – 23.º)
PROTONILUS (315.º, + 42.º)
PYRRHAE REGIO (38.º, – 15.º)
SABAEUS SINUS (340.º, – 8.º)
SCANDIA (150.º, + 60.º)
SERPENTIS MARE (320.º, – 30.º)
SINAI (70.º, – 20.º)
SIRENUM MARE (155.º, – 30.º)
SITHONIUS LACUS (245.º, + 45.º)
SOLIS LACUS (90.º, – 28.º)
STYX (200.º, + 30.º)

SYRIA (100.º, – 20.º)
SYRTIS MAJOR (290.º, + 10.º)
TANAIS (70.º, + 50.º)
TEMPE (70.º + 40.º)
THAUMASIA (85.º, – 35.º)
THOTH (255.º, + 30.º)
THYLE I (180.º, – 70.º)
THYLE II (230º, – 70.º)
THYMIAMATA (10.º, + 10.º)
TITHONIUS LACUS (85.º, – 5.º)
TRACTUS ALBUS (80.º, + 30.º)
TRINACRIA (268.º, – 25.º)
TRIVIUM CHARONTIS (198.º, – 20.º)
TYRRHENUM MARE (255.º, – 20.º)
UCRONIA (260.º, + 70.º)
UMBRA (290.º, + 50.º)
UTOPIA (250.º, + 50.º)
VULCANI PELAGUS (15.º, – 35.º)
XANTHE (50.º, + 10.º)
YAONIS REGIO (320.º, – 40.º)
ZEPHYRIA (195.º, 0.º)

B — **Nomes dos detalhes areográficos e sua analogia com acidentes terrestres** — Os nomes dados aos variados aspectos que a superfície marciana apresenta não têm, note o leitor, qualquer analogia com os acidentes habitualmente encontrados na Terra e que constituem detalhes da geografia física de nosso mundo. Tal característica foi desde cedo empregada na identificação desta ou daquela região e, por tradição, viu-se mantida. Assim, os nomes de "lago", "mar", "bosque", etc., etc., geralmente encontrados em livros que tratam de Marte, são puramente convencionais constituindo apenas uma terminologia necessitada pelo sábio. Como já sabemos, a verdadeira e por assim dizer definitiva nomenclatura do planêta foi organizada por G. Schiaparelli que hauriu na mitologia greco-romana, na Bíblia e na geografia antiga, os belos nomes que a constituem. Quanto aos

"acidentes" que freqüentemente acompanha êsses nomes, vejamos seu significado mais imediato:

"MARE"	MAR
"SINUS"	BAÍA ou GÔLFO
"LACUS"	LAGO
"LUCUS"	HÔRTO ou BOSQUE
"FRETUM"	ESTREITO ou CANAL
"PALUS"	PÂNTANO

C — **As modernas oposições de Marte** — Obedecendo às leis que regem seu movimento de translação ao redor do Sol, Marte apresenta-se sob boas condições de observação nos seguintes anos:

Ano	*Data de Oposição*	*Diam. Apar. Máximo*	*Magn. Máxima*
1958	16 de NOVEMBRO	18.9 "	— 1.9
1960	30 de DEZEMBRO	15.4	— 1.3
1963	4 de FEVEREIRO	14.0	— 0.9
1965	9 de MARÇO	14.0	— 0.9
1967	15 de ABRIL	15.6	— 1.3

BIBLIOGRAFIA

Obras a Consultar:

Les Terres du Ciel — CAMILLE FLAMMARION. Ed. 1877.
Crítica das Hipóteses Marcianas — ALIX LEMOS. Ed. 1925.
La Vie sur Mars — Abade TH. MOREUX. Ed. 1924.
La Planète Mars — E. M. ANTONIADI. Ed. 1930.
Mars-Terre Mistérieuse — P. ROUSSEAU. Ed. 1941.
Tierra, Luna y Planetas — FRED L. WHIPPLE. Ed. Pleamar (Argentina), 1944.
Le Problème Martien — G. DE VAUCOULEURS. Ed. 1946.
Physique de la Planète Mars — *Introd. à l'Aréophysique* — G. DE VAUCCOULERS. Ed. 1951.
Astronomy for Everyman — M. DAVIDSON AND CONTRIBUTORS. Ed. 1953.
Cosmografía (Astronomy) — H. N. RUSSEL R. S. DUGAN, J. Q. STEWART. Ed. Mexicana, 1954.
The Green and Red Planet — HUBERTUS STRUGHOLD. Ed. 1954.
The Amateur Astronomer — PATRICK MOORE. Ed. 1957.
O Sol e os Planêtas — R. ARGENTIÈRE. 2.ª edição, 1959.
Evolução das Atmosferas Planetárias, especialmente a Terrestre — FLÁVIO A. PEREIRA, Ed. José Olympio, 1946.
Introdução à Astrobiologia — FLÁVIO A. PEREIRA.

☆

ÊSTE LIVRO FOI COMPOSTO E IMPRESSO
NAS OFICINAS DA EMPRÊSA GRÁFICA DA
"REVISTA DOS TRIBUNAIS" S. A., À RUA
CONDE DE SARZEDAS, 38, SÃO PAULO,
PARA A
EDART, LIVRARIA EDITÔRA.
EM 1962.

☆

LUA
DEGRAU PARA O INFINITO
RUBENS DE AZEVEDO

Destinada à divulgação científica, a coleção Visão do Universo *propõe-se a reunir obras que tratem dos mais diversos temas de importância para o homem moderno, expostas em linguagem clara e direta, precisa e exata, mas sem nenhum preciosismo ou pedantismo. É, portanto, uma série que tem todos os elementos para atrair a atenção do grande público e suprir-lhe a curiosidade sem, para tanto, dêle exigir desmesurado conhecimento e esfôrço.*

LUA — DEGRAU PARA O INFINITO, de Rubens de Azevedo, preenche magnìficamente os seus fins. O livro focaliza a *selenografia* de maneira objetiva, e é uma obra moderna, vazada em estilo de grande clareza didática. Êle desvenda a Lua para o leitor. Ensina tudo quanto até agora se sabe dêsse satélite natural da Terra, antes capital do devaneio para os românticos, e enamorados e, hoje, campo de pesquisa da ciência moderna, satélite da moda por causa das proezas astronáuticas e das aventuras espaciais dos nossos dias.

O Prof. Rubens de Azevedo notabiliza-se pelo seu conhecimento especializado do mundo lunar e de planetologia em geral. Escreve de maneira a ser fàcilmente entendido e, ao lado da fatura literária escorreita, há a servi-lo, também, eficiente método expositivo. Assim, dá-nos, em seu sintético e excelente livro, tôdas as informações fundamentais, desde as de caráter histórico, mesmo as mitológicas, às últimas descobertas relativas à Lua.

Inúmeros desenhos, diagramas e mapas enriquecem a obra e facilitam a compreensão do texto, e a isso se ajunte que farta bibliografia encaminha o leitor mais interessado a obras de consulta que lhe poderão ser úteis.

LUA — DEGRAU PARA O INFINITO é, assim, um guia seguro e repleto de revelações para todos quantos aspirem conhecer a Lua, satélite que já está sendo considerado uma espécie de plataforma de "baldeação" interplanetária, "degrau" para a conquista do espaço!

☆

UMA EDIÇÃO

EDART

Visão do Universo

EDART

Outros volumes já publicados:

1 — LUA, DEGRAU PARA O INFINITO

2 — A TERRA ANTES DO HOMEM

